



Geotechnisches Gutachten

Baugebiet Dreißigste Garb in Pfullendorf

bearbeitet im Auftrag der

Stadt Pfullendorf
Stadtbauamt
Kirchplatz 5
88630 Pfullendorf

Bad Wurzach-Arnach, den 23.07.2021

Projektnummer: 200506

Geschäftsführer:
Dipl.-Geol. Norbert Dostler
Dr.-Ing. Olaf Düser
Dipl.-Geol. Peter Lath
Dipl.-Ing. Stefan Niefer
Dr. rer. nat. Michael Strohmenger

Zweigstelle Bayern:
Leiterberg 5a
87488 Betzigau
Tel. 08304 / 9298-26
Fax. 08304 / 9298-36

Bankverbindung:
Volksbank Biberach eG
IBAN:
DE 74 63 0901 0001 4284 6007
BIC: ULM VDE 66

Sitz: Bad Wurzach – Arnach
Gerichtsstand: Leutkirch i. A.
Handelsregister: HRB 610617
Steuernummer: 91060/31136



Inhalt

- 1 Vorgang und Veranlassung
- 2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge
- 3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche
- 4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte
- 5 Grundwasserverhältnisse
- 6 Bestimmung der Durchlässigkeit
- 7 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten
- 8 Geotechnische Standortbeurteilung

Anlagen

Lagepläne

- 1.1 Übersichtslageplan M 1:25.000
- 1.2 Lageplan mit Lage der Aufschlusspunkte M 1:2.000

Aufschlüsse / Profile / Schnitte

- 2.1.1-4 Geotechnische Profile der Bohrungen BK1-4/21 M d. H. 1:100
- 2.2.1-17 Geotechnische Profile der Schürfe SG1-17/21 und Rammsondierungen DPH1-10/21 M d. H. 1:50
- 2.3 Geotechnischer Schnitt M d. H. 1:100 / M d. L. 1:500

Bodenmechanische Laborversuche

- 3.1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121
- 3.2.1-2 Zustandsgrenzen nach DIN 18122
- 3.3 Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

Feldversuche

- 4.1-4 Eingießversuche im Bohrloch

Fotodokumentation

- 5.1-4 Fotodokumentation der Bohrkern

Beilagen

- 1 Auszug Geologische Karte Blatt Nr. 8021 Pfullendorf; Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (eine Seite)
- 2 Auszug Geotechnisches Versickerungsgutachten Baugebiet Obere Bussen AZ 161004-1, Lageplan und Geotechnische Profile, Dr. Ebel & Co. GmbH, Bad Wurzach (acht Seiten)
- 3 Aufschlussarchiv, Lageplan und sieben Aufschlüsse, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg (acht Seiten)



Unterlagen

[U1] STADTBAUAMT PFULLENDORF:

- a) Bebauungsplan Stand 05.08.2020, als PDF und DWG per E-Mail am 22.04.2021
- b) Auskunft zur Vornutzung und zu Altlasten, per E-Mail am 21.06.2021

[U2] FASSNACHT INGENIEURE GMBH, BAD WURZACH: Baugebiet, Dreißigste Garb in Pfullendorf:

- a) Geländehöhen aus GPS-Absteckung, per E-Mail am 20.05.2021
- b) Entwurf Erschließungsplanung, Stand vom 26.01.2021, pdf erhalten per E-Mail am 12.03.2021 von Frau Mayer

[U3] DR. EBEL & CO. GMBH, BAD WURZACH: Baugebiet Obere Bussen in Pfullendorf, Geotechnisches Versickerungsgutachten AZ 161004-1 vom 20.03.2017

[U4] GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Geologische Karte M 1:25.000, Blatt Nr. 8021 Pfullendorf

[U5] LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Topographische Karte M 1:25.000, digital

[U6] LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU, FREIBURG: Aufschlussarchiv, sieben Aufschlüsse

Normen, Richtlinien und Merkblätter

DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DIN EN 1997 Eurocode 7: „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1 Allgemeine Regeln“, mit nationalem Anhang DIN EN1997-1/NA sowie die DIN 1054 „Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ mit Änderungen A1 + A2

DIN EN 1998 Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten

DIN 4095 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung

DIN 4123 Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen

DIN 4124 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau

DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

DIN 4150-3 Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf bauliche Anlagen

DIN 18533 Abdichtung von erdberührten Bauteilen

DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten

DIN 19731 Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial

DWA-A 138 Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V



DWA-M 153	Merkblatt DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWA Kom.	DWA-Kommentar zum DWA-Regelwerk Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
BauGB	Baugesetzbuch (BauGB)
MBB	Merkblatt über Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemittel; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
USBR	U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation: Earth manual, 2. Ed., Washington D.C. 1974
ZTV E-StB	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
RStO 12	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

1 Vorgang und Veranlassung

Die Stadt Pfullendorf plant die Erschließung eines neuen Baugebiets am Standort „Dreißigste Garb“. Die Fassnacht Ingenieure GmbH, Bad Wurzach, ist mit der Erschließungsplanung beauftragt.

Die Erschließungsmaßnahmen umfassen nach aktuellem Bebauungsplan [U1a] die Schaffung der nötigen Infrastruktur (Wohnstraßen, Kanäle, Leitungen etc.) für mehr als 80 Grundstücke sowie den Bau eines Parkplatzes am nordwestlich angrenzenden Friedhof. Das anfallende Regenwasser soll – wie auch im östlich angrenzenden Neubaugebiet Obere Bussen – über zentrale, tiefe Becken im Untergrund versickert werden.

Die Dr. Ebel & Co. GmbH, Bad Wurzach, wurde mit der geotechnischen Begutachtung dieses Vorhabens beauftragt.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Zeitraum 17.-20.05.2021 folgende Felduntersuchungen durchgeführt:

- Abteufen von vier Rammkernbohrungen BK1-4/21 nach EN ISO 22475-1 (durchgehender Gewinn gekernter Bodenproben), Durchführung von Eingießversuchen im Bohrloch; Ausführung durch die BauGrund Süd GmbH, Bad Wurzach
- Geotechnische Aufnahme und Beprobung von 17 Baggerschürfen SG1-17/21,
- Durchführung von neun Rammsondierungen DPH1-9/21 (Schwere Rammsonde nach EN ISO 22476-2).

Die Lage der Aufschlüsse ist im Lageplan in Anlage 1.2 verzeichnet. Die Rammsondierungen dienen der Beurteilung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit der Bodenschichten und kamen zur Korrelation mit dem anstehenden Untergrund neben den Schürfgruben zur Ausführung.



Die Aufschlusspunkte wurden im Vorfeld vom Ingenieurbüro Fassnacht ausgepflockt und eingemessen. Die Höhen- und Lagedaten wurden uns mit [U2] zur Verfügung gestellt.

2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge

Geographische Situation

Geomorphologisch ist das Untersuchungsgebiet Teil eines breiten Höhenrückens, der im Westen vom Tal des Kehlbachs und im Osten vom Tal des Andelsbachs begrenzt wird. Das geplante Neubaugebiet liegt der Darstellung im Übersichtslageplan (Anl. 1.1) entsprechend im östlichen Teil der Stadt Pfullendorf. Das bisher unbebaute Areal befindet sich zwischen den bereits etwas älteren Wohngebieten im Westen und Süden und dem bereits erschlossenen, aber noch nicht vollständig bebauten Neubaugebiet Obere Bussen. In der näheren Zukunft wird es somit zum „Lückenschluss“ in der lokalen Wohnbebauung kommen.

Das Gelände fällt mit mäßiger Neigung nach Osten hin ab. Es wurde bisher landwirtschaftlich als Grün- und Ackerfläche genutzt.

Geologische Situation

Der tiefere Untergrund wird von den Schichtfolgen der Molasse aufgebaut, die im Tertiär in einem Senkungstrog am Rand der sich zum Hochgebirge entwickelnden Alpen abgelagert wurden. Im Untersuchungsraum sind dabei die Einheiten „Untere Süßwassermolasse“ (limnisch-fluviatile Sedimente) und die darüber folgende „Obere Meeresmolasse“ (marine Ablagerungen) zu unterscheiden.

Der Molassesockel ist von glazialen Sedimenten verschiedener Vereisungsphasen überdeckt. Zuunterst liegen Schotter der älteren haslach- und mindelzeitlichen Vereisung. Darüber folgen Schotter und Moränen der Risseiszeit. Die Schotter sind Ablagerungen von Schmelzwässern vor der Stirn des aus dem alpinen Rheintal über das Bodenseebecken nordwärts vorgestoßenen Gletschers, die Erosionsformen (Relief aus Tälern und Rücken) in der Molasseoberfläche hinterlassen haben. Dementsprechend stehen die Molassefolgen bereichsweise in den Flanken von Kehl- und Andelsbachtal an, bereichsweise liegen sie tiefer und sind dort nicht mehr sichtbar.

Die auf dem Rücken anstehenden Moränen und Schotter unterliegen seit dem Rückzug des Eises den Einflüssen von Verwitterung, Erosion und Umlagerung. Die Hochflächen tragen am Top eine mehrere Meter mächtige verbrauchte Verwitterungsdeckschicht.



Schichtenfolge

Entsprechend der beschriebenen geologischen Situation wurde mit den Baggerschürfen und Bohrungen das folgende Grundsatzprofil erschlossen. Die Schichtprofile der einzelnen Aufschlüsse sind den Anlagen 2.1-2 zu entnehmen.

- Oberboden	Rezent	Homogenbereich A
- Verwitterungslehm und -sand	Pleistozän - Holozän	Homogenbereich B
- Verwitterungskies	Pleistozän - Holozän	Homogenbereich C
- Schmelzwasserkies und -sand	Pleistozän, Mindel / Riss	Homogenbereich D
- Geschiebemergel	Pleistozän, Mindel / Riss	Homogenbereich E
- Obere Meeresmolasse	Tertiär, Miozän	Homogenbereich F

Die natürliche Stärke des humosen **Oberbodens** (Ackerboden und Wiesenboden) liegt durchschnittlich bei etwa 0,3 m, wobei die Mächtigkeit zwischen 0,1 m und 0,5 m schwankt. Im Ausnahmefall von BK4/21 wurde sogar eine 0,7 m mächtige Humusschicht erkundet.

Unter dem Oberboden folgt im gesamten Untersuchungsgebiet eine mehrere Meter mächtige Verwitterungsdecke. Der **Verwitterungslehm** reicht bis in Tiefen zwischen 1,7 m und maximal 6 m unter Gelände. Bereichsweise werden die Lehme von sanddominierten Spielarten (**Verwitterungssand**) vertreten.

In Bereich der geplanten Wohnbebauung werden die lehmigen Deckschichten oftmals von verwitterten Kiesen unterlagert. Die **Verwitterungskiese** können auch in die Lehmdecke eingeschaltet auftreten, sind aber generell eher an der Basis der Verwitterungslehme zu finden, da es sich um das Verwitterungsprodukt der unterlagernden Schmelzwasserkiese handelt. Die Kiese erreichen Mächtigkeiten zwischen wenigen Dezimetern und mehreren Metern.

Unverwitterte **Schmelzwasserkiese und -sande** wurden in den Bohrungen BK1-3/21 sowie in den Schürfen SG6-7/21 ab Tiefen von 3,7 - 6,0 m erreicht. Die in den Bohrungen in ihrer gesamten Mächtigkeit aufgeschlossenen Schmelzwasserablagerungen weisen Schichtstärken von bis zu 8 m auf, wobei die größte Mächtigkeit in BK2/21 vorliegt. Nach Norden und Süden hin keilt der Kieskörper aus; so wurde in BK4/21 lediglich verwitterter Kies über der Molasse angetroffen, dasselbe gilt für den nördlichen Teil des Baugebiets (SG3-4/21, SG11-12/21). Die räumliche Ausdehnung der Schmelzwasserkiese und -sande im Bereich der geplanten Versickerungsbecken ist im geotechnischen Schnitt in Anlage 2.3 skizziert.

Im Schurf SG10/21, der im Bereich des geplanten Parkplatzes am Friedhof liegt, wurde ab einer Tiefe von 3,8 m **Geschiebemergel** erreicht. Die Moränenablagerung bildet hier die tiefste erkundete Schicht.

Der tiefere Untergrund im gesamten Untersuchungsgebiet wird von den Sanden und Mergeln der **Oberen Meeresmolasse** gebildet. Die Molasse wurde in den Bohrungen in Tiefen von 7,8 - 12,5 m angetroffen. Im nordöstlichen Teil des Baugebiets wurde sie außerdem in den Schürfen SG3-4-11-12/21 aufgeschlossen, wobei der geringste Flurabstand der Molasseoberkante mit 1,7 m in SG3/21 erreicht wurde.



3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche

Die im Rahmen der Baugrunderkundung erschlossenen Schichten können als „geologische Homogenbereiche“ betrachtet werden. Je nach Gewerk sind diese zu unterschiedlichen „bautechnischen Homogenbereichen“ zusammenzufassen bzw. zu unterteilen.

Die erkundeten Schichten sind aus geotechnischer Sicht wie folgt zu beschreiben:

Oberboden (Homogenbereich A)

Der Oberboden ist in Anlage 2.1-2 nach geotechnischen Gesichtspunkten beschrieben. Eine bodenkundliche Beurteilung ist nicht Thema dieser Begutachtung.

Oberboden fällt nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300 - Erdarbeiten. Gemäß DIN 18320 - Landschaftsbauarbeiten stellt er jedoch einen eigenen Homogenbereich dar.

Eine geochemische Bewertung des Oberbodens erfolgt in einem gesonderten Fachbericht.

Verwitterungslehm und -sand (Homogenbereich B)

Der Verwitterungslehm im Untersuchungsgebiet weist Färbungen in unterschiedlichen Brauntönen auf. Es kommen rötliche bzw. rostfarbene Brauntöne ebenso vor wie gelb- und graubraune Nuancen. Die bindige Matrix besteht aus sandigen Schluffen, die niedrige bis teilweise hohe Tongehalte aufweisen. Die Lehme sind in unterschiedlichem Maße mit Geröllen durchsetzt. Im Allgemeinen sind die oberflächennahen Partien eher schwach kiesig, während der Geröllanteil zur Tiefe hin steigt („kiesig bis stark kiesig“). Vereinzelt sind Steine enthalten. Auch das Auftreten größerer Blöcke bis hin zu Findlingen ist aufgrund der glazialen Genese der Ursprungsgesteine nicht auszuschließen.

Der Verwitterungslehm war während der Erkundung im Allgemeinen mäßig durchfeuchtet. Die im bodenmechanischen Labor festgestellten Wassergehalte schwanken zwischen 17,1 Massen-% und 24,1 Massen-%. Die Wassergehalte bewegen sich in allen untersuchten Tiefenlagen (Probeentnahmetiefen zwischen 0,7 m und 3,3 m) in ähnlichen Größenordnungen. Es lässt sich kein Trend ableiten, dass der Wassergehalt mit der Tiefe zu- oder abnimmt.

An zwei Bodenproben des Verwitterungslehms wurde im Labor die Konsistenz bestimmt (Anl. 3.2). Es wurde einmal eine steife und einmal eine steife bis halbfeste Zustandsform festgestellt. Nach der manuellen Prüfung wurde die Konsistenz des Verwitterungslehms meist mit weich bis steif, teilweise auch mit steif bis halbfest beurteilt. Die bodenmechanischen Laborversuche ergaben jeweils eine relativ niedrige Plastizitätszahl von ca. 7 - 9 %. Geringfügige Wassergehaltsänderungen haben folglich eine relativ deutliche Änderung der Konsistenz zur Folge. Im Plastizitätsdiagramm nach Casagrande befindet sich der Verwitterungslehm im Feld der leichtplastischen Tone, wobei erfahrungsgemäß auch mittelpplastische Varianten auftreten (Bodenarten TL-TM).



In den Verwitterungslehm sind untergeordnet sanddominierte Bereiche eingeschaltet. Der Verwitterungssand ist bautechnisch als meist schluffiger bis stark schluffiger Fein- bis Grobsand mit wechselnden Kiesgehalten anzusprechen. Die braun bis rötlich gefärbten Sande sind nach den Schlagzahlen der Rammsondierungen meist locker, untergeordnet mitteldicht gelagert (vgl. Tab. 2).

Der Verwitterungslehm ist ein nur gering tragfähiger Untergrund, der bei Belastung mit Setzungen reagiert und zudem empfindlich gegenüber Frost und Nässe einzuschätzen ist.

Verwitterungskies (Homogenbereich C)

Der rötlich braun bis graubraun gefärbte Verwitterungskies ist als weitgestufter, meist sandiger bis stark sandiger Kies zu beschreiben. Der Feinkornanteil ist meist hoch bis sehr hoch (Übergang zum Verwitterungslehm); es wurden aber auch schwach schluffige verwitterte Kiesschichten aufgeschlossen. Die Gerölle weisen teilweise eine bereits weit fortgeschrittene Verwitterung auf und lassen sich oftmals mit den Händen auseinanderbrechen. Der Verwitterungskies kann ebenfalls einzelne Steine und Blöcke enthalten.

An einer Verwitterungskiesprobe aus der Bohrung BK4/21 wurde exemplarisch die Korngrößenverteilung bestimmt (Anl. 3.3). Es handelt sich um einen schwach schluffigen bis schluffigen Kies, bei dem die Gerölle allerdings teilweise in einer schluffig-sandigen Grundmasse schwimmen (s. Fotodokumentation Bohrkerne, Anl. 5).

Die Lagerungsdichte der verwitterten Kiesschichten ist nach den Ergebnissen der Rammsondierungen überwiegend mit locker, untergeordnet mit mitteldicht anzugeben (vgl. Tab. 1).

Aufgrund der eher geringen Lagerungsdichte bildet der Verwitterungskies aus bautechnischer Sicht einen mäßig tragfähigen Untergrund, der wegen des meist hohen Schluffgehalts als frost- und nässeempfindlich einzuschätzen ist.

Tabelle 1: Lagerungsdichte / Schlagzahlen DPH für weitgestufte Kies-Sand-Gemische nach DIN 4094 / DIN 1055-2

Lagerungsdichte		über Grundwasser N_{10}	im Grundwasser N_{10}
Locker	$0,15 < D \leq 0,30$	0 - 7	0 - 2
Mitteldicht	$0,30 < D \leq 0,50$	8 - 17	3 - 10
Dicht	$0,50 < D \leq 0,75$	> 17	> 10



Schmelzwasserkies und -sand (Homogenbereich D)

Schmelzwasserkiese wurden in den Bohrungen BK1-3/21 und im Schurf SG7/21 angetroffen. Mit den restlichen Schürfen im Mittelteil des Baugebiets wurde er nicht erreicht, wohl aber mit den Rammsondierungen DPH6-7-8/21, vermutlich auch DPH5/21.

Die Kiese wurden in teils grauen, teils braunen Farbtönen angetroffen. Die wechselnde Färbung könnte auf unterschiedliche Ablagerungszeiträume hindeuten – möglicherweise wurden die Kiese teilweise in der Mindelkaltzeit, teilweise in der Risskaltzeit in das Projektgebiet transportiert.

An mehreren repräsentativen Bodenproben aus den großkalibrigen Bohrungen wurden im bodenmechanischen Labor Korngrößenanalysen durchgeführt. Nach den in Anlage 3.3 dargestellten Körnungslinien handelt es sich um sandige bis stark sandige, schwach schluffige Fein- bis Grobkiese, mitunter auch um Kies-Sand-Gemenge. Der Schlämmkornanteil der analysierten Proben beträgt zwischen 5,5 Massen-% und 10,0 Massen-%. Die Kiese enthalten in geringem Umfang Steine.

Die Kieskomponenten der Schmelzwasserkiese sind im Allgemeinen relativ gut gerundet. Der Anteil an größeren Steinen bleibt im Normalfall gering. Derartige Schmelzwasserschotter weisen zum Teil Sortierungen auf, das heißt, gröbere und feinere Kiesschüttungen, sandarme Kieslagen und Sandlagen oder -linsen wechseln sich ab. Bei den Schmelzwassersanden handelt es sich um meist schluffige Fein- bis Mittelsande, seltener um schwach schluffige Grobsande, die in geringem Umfang Gerölle enthalten.

Die Sondierungen DPH6-7/21 lassen den Schluss zu, dass die Schmelzwasserkiese im oberen Teil eher locker bis mitteldicht gelagert sind. DPH8/21 belegt dichte Lagerung ab einer Tiefe von ca. 5 m. Aus [U3] ist bekannt, dass der Kies bereichsweise Nagelfluhbänke mit Felscharakter enthält (s. Beil. 2). Alle Sondierungen wurden an zumeist plötzlich auftretenden Hindernissen eingestellt, die nicht durchörtert werden konnten. Obwohl in den Bohrungen BK1-4/21 keine nagelfluhartigen Verhärtungen festgestellt wurden, ist das Vorhandensein derartiger Felsbänke in weiten Teilen des Untersuchungsgebiets eine plausible Erklärung für das abrupte Aufschlagen der Sondierungen DPH6-7-8-9/21. Vermutlich gilt dies auch für DPH5/21, es ist allerdings auch nicht auszuschließen, dass der Schlagzahlanstieg bei knapp 11 m Tiefe auf eine Sandsteinbank in der Molasse zurückzuführen ist.

Der Schmelzwasserkies / -sand bildet aufgrund des geringen Feinkornanteils trotz der über weite Strecken lockeren Lagerung einen ausreichend tragfähigen Baugrund. Ab mindestens mitteldichter Lagerung ist er ein sehr guter Baugrund, der kaum mehr Setzungen zulässt.



Geschiebemergel (Homogenbereich E)

Der Geschiebemergel ist ein unsortiert vom Eis abgelagertes Sediment, bei dem Grobkomponenten jeder Größenordnung in eine bindige Grundmasse eingelagert sind. Die Grobkomponenten bilden üblicherweise kein stützendes Korngerüst. Die geotechnischen Eigenschaften werden von der bindigen Grundmasse bestimmt (matrixgestützter Diamikt).

Der in SG10/21 angetroffene Geschiebemergel ist als sandiges, schwach toniges Schluff-Kies-Gemisch graubrauner Färbung zu beschreiben. Der Mergel weist in mäßigem Umfang Steine auf; auch das Auftreten größerer Blöcke (Findlinge) ist nicht auszuschließen.

Die Konsistenz des Mergels wurde nach manueller Ansprache mit steif bis halbfest beurteilt. In dieser Zustandsform ist der Geschiebemergel kaum mehr kompressibel und somit gut tragfähig. Der Boden ist aber als frost- und nässeempfindlich einzuschätzen, da ein feuchtebedingtes Aufweichen die Tragfähigkeit rapide herabsetzt.

Molassesand und -mergel (Homogenbereich F)

Die Sedimente der Oberen Meeresmolasse wurden im Tertiär unter marinen Ablagerungsbedingungen im Untersuchungsgebiet akkumuliert. Die beige-oliv bis gelblich grauen Feinsedimente wurden in den Bohrungen und in den Schürfen im nordöstlichen Teil des Baugebiets zumeist als schluffige, schwach tonige Fein- bis Mittelsande angetroffen. Die Sande sind von dünnen Schluffbändern durchzogen und weisen bereichsweise einen feingeschichteten Habitus auf. In den Schürfen SG4/21 und SG12/21 liegt die Molasse als schwach toniger Schluff mit mäßigen bis hohen Sandanteilen vor (Molassemergel).

Die Molassesande sind nur am Top locker gelagert. Zur Tiefe nimmt die Lagerungsdichte immer weiter zu (vgl. Tab. 2). Die Konsistenz des Molassemergels wurde mit steif bis halbfest eingeschätzt. Erfahrungsgemäß kann die Molasse in größeren Tiefen felsartig verfestigt vorliegen bzw. von Sandsteinbänken durchzogen sein (vgl. Sondierungsende DPH3/21).

In mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung ist die Molasse ein gut tragfähiger Untergrund, der allenfalls geringfügige Setzungen zulässt. Aufgrund der hohen Anteile an bindiger Kornfraktion sind die Molassesande und -mergel allerdings als frost- und nässeempfindlich zu beurteilen.

Tabelle 2: Lagerungsdichte / Schlagzahlen DPH für enggestufte Sande nach DIN 4094 / DIN 1055-2

Lagerungsdichte		über Grundwasser N_{10}	im Grundwasser N_{10}
Locker	$0,15 < D \leq 0,30$	0 - 4	0 - 2
Mitteldicht	$0,30 < D \leq 0,50$	5 – 11	3 - 7
Dicht	$0,50 < D \leq 0,75$	> 11	> 7



4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte

Die erdbautechnische Klassifizierung der erschlossenen Böden ist wie folgt zusammenzustellen:

Tabelle 3: Erdbautechnische Klassifizierung

	Bodengruppe DIN 18196 06/2006	Bodenklasse ^{A)} DIN 18300 09/2012	Bodenklasse ^{B)} DIN 18301 09/2012	Frostempfindlich- keit ZTVE-StB 17
Verwitterungslehm / Verwitterungssand	TL, TM, ST*	4, (5) ¹⁾	BB2, BB3, (BS1, BS3, Blöcke >0,6m) ¹⁾	F3
Verwitterungskies	GU*, GU	4, 3, (5) ¹⁾	BN2, BN1, (BS1, BS3, Blöcke >0,6m) ¹⁾	F3, F2
Schmelzwasserkies / Schmelzwassersand	GU, GW, (GU*), Fels ²⁾ , SU*, SU	3, 4, 6-7 ²⁾ , (5) ¹⁾	BN1, BN2, (BS1, BS3, Blöcke >0,6m, FV1-6, FD1-2) ^{1) 2)}	F2, F1, F3
Geschiebemergel	TL, GU*	4, (5-7) ¹⁾	BB3, BB2, BS1-4, Blöcke >0,6m	F3
Molassesand / Molassemergel	SU*, ST*, TL, TM, Fels ³⁾	4, 6-7 ³⁾	BN2, BB3, BB2, FV1-6, FD1-2 ³⁾	F3

¹⁾ lokal mögliche Anreicherungen von Steinen oder Blöcken

²⁾ Nagelfluhbänke

³⁾ Sand- und Mergelsteinbänke

^{A)} Anm.: Nach DIN 18300 sind seit Ausgabe 09/2016 Homogenbereiche anzugeben, die in unserem Gutachten durch die gewählte, geologisch orientierte Schichtenfolge abgedeckt sind. Bodenklassen sind nicht mehr enthalten. Da der überwiegende Teil der am Bau Beteiligten mit den „alten“ Bezeichnungen vertraut ist und diese auch bevorzugt für die Kalkulation und Arbeitsvorbereitung benutzt, wird diese Klassifizierung informativ weiter beibehalten. Gegebenenfalls können von uns in Zusammenarbeit mit dem Ausschreibenden auch gewerkspezifische Homogenbereiche erarbeitet werden.

^{B)} Anm.: Für die DIN 18301 gibt es ebenso seit 09/2016 eine neue Ausgabe mit Homogenbereichen. Hier gilt das oben Genannte sinngemäß.



Für erdstatische Berechnungen dürfen die nachfolgend aufgeführten, geschätzten Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 4: Bodenkennwerte (charakteristisch)

	Wichte (feucht/u. Auftrieb) γ_k/γ'_k (kN/m ³)	Reibungs- winkel φ'_k (°)	Kohäsion c'_k (kN/m ²)	Steifemodul $E_{s,k}$ (MN/m ²)
Verwitterungslehm	18/8-20/10	25-27,5	1-3	2-5
Verwitterungssand	18/10-19/11	27,5-30	0-2	3-8
Verwitterungskies	18/10-19/11	27,5-32,5	0-2	5-15
Schmelzwasserkies, locker	18/10-19/11	30-32,5	0	10-25
mitteldicht	19/11-21/13	32,5-35	0	25-50
dicht	21/13-22/14	35-37,5	0	50-100
Geschiebemergel	20/10-21/11	27,5-32,5	2-5	10-20
Molassesand	19/11-20/12	30-32,5	0-2	10-30
Molassemergel	20/10-21/11	27,5-30	2-5	10-20

Das untersuchte Gebiet ist im Hinblick auf Erdbeben geotechnisch wie folgt einzustufen:

Tabelle 5: Erdbebenklassifizierung nach DIN 4149 / DIN EN 1998-1 + NA

Erdbebenzone	Untergrundklasse	Baugrundklasse
2	T	B-C

5 Grundwasserverhältnisse

In den Baggerschürfen wurde kein Grundwasserzulauf festgestellt. Lediglich in SG11/21 wurde ein geringfügiger Sickerwasserzutritt registriert. Die lokale Grundwassersituation stellt sich wie folgt dar:

Im Untersuchungsgebiet gibt es bis in die maximal erkundete Tiefe kein zusammenhängendes Grundwasserstockwerk. Die bindigen Deckschichten (Verwitterungslehm, teilweise auch Verwitterungssand und -kies, Geschiebemergel) sind als tendenziell schwach durchlässig bzw. wasserhemmend zu beschreiben. Von oben eindringendes Niederschlagswasser versickert langsam zur Tiefe. Bei länger anhalten Niederschlägen können sich anstauenden Horizonten kleinere Sickerwasservorkommen bilden, die aber lediglich einen temporären Charakter haben und beim Anschneiden in der Baugrube für gewöhnlich rasch „ausbluten“.



Die unter den Deckschichten anstehenden Schmelzwasserkiese- und sande weisen eine höhere Durchlässigkeit auf. Sie werden von eindringenden Sickerwässern rasch nach unten hin durchflossen.

Zur Tiefe stehen die Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse an, die im Projektgebiet meistens als schluffige Sande angetroffen wurden. Da die Sande ebenfalls keinen typischen Grundwasserstauer darstellen, ist eine weitere Durchsickerung zur Tiefe möglich, so dass sich in den überliegenden Kiesen kein Grundwasserkörper ausbilden kann. Aus den umliegenden Bohrungen ist bekannt, dass der Grundwasserspiegel in der Molasse bei schätzungsweise 645 - 650 m NN zu erwarten ist. Die beschriebenen Verhältnisse decken sich mit den aus [U3] bekannten Verhältnisse im Bereich des Baugebiets Obere Bussen, wo in mehreren Bohrungen ebenfalls kein Grundwasser angetroffen wurde.

Im Laufe der Geländearbeiten kam es zu teilweise heftigen Regengüssen. Während das Wasser in weiten Teilen des Baugebiets meist rasch versickerte und sich nach kurzer Zeit wieder trockenere Verhältnisse einstellten, wurden im nordwestlichen Teilbereich (etwa zwischen SG1/21 und SG4/21) noch längere Zeit sehr feuchte Bodenverhältnisse beobachtet. Offenbar sind die hier anstehenden Deckschichten und die darunter folgenden Moränen- und Molasseablagerungen in diesem Bereich geringer durchlässig, so dass hier generell feuchtere Verhältnisse vorherrschen (lokale Staunässebedingungen).

6 Bestimmung der Durchlässigkeit

Die Durchlässigkeiten der anstehenden Kiese wurden über folgende Methoden bestimmt:

Eingießversuche in den Bohrlöchern der großkalibrigen Bohrungen

In den Bohrungen BK1-4/21 wurden Schluckversuche in den verrohrten Bohrlöchern ausgeführt. Die Verrohrung wurde hierfür jeweils ca. 2,0 m gezogen, so dass eine Versickerung in der Bohrlochsohle und der Bohrlochwand stattfand.

Die Versuche wurden nach den Formeln des US BUREAU OF RECLAMATION (USBR) ausgewertet. Details wie die Tiefenlagen oder die zeitlichen Verläufe des Absunks sowie die aus den Versuchen bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte sind in den Auswertungen in den Anlagen 4.1-4 aufgeführt.

Wie den Anlagen 4.1-3 zu entnehmen ist, wurden für den Schmelzwasserkies in drei Versuchen Durchlässigkeitsbeiwerte von rund $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s bis $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s erreicht. Für den Verwitterungskies wurde in einem Versuch ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 4 \cdot 10^{-6}$ m/s erreicht.



Kornverteilungen nach DIN 18123

In Anlage 3.3 sind vier Kornverteilungen an Bodenproben des Schmelzwasserkieses und eine Kornverteilung an einer Verwitterungskies-Probe aufgeführt. Eine überschlägige Abschätzung der Durchlässigkeiten anhand der Kornverteilung kann nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden. Am gebräuchlichsten ist dabei die Formel von BEYER ($k_f = C \cdot d_{10}^2$). C ist dabei ein Proportionalitätsfaktor in Abhängigkeit des Ungleichförmigkeitsgrades U, d_{10} bedeutet die Korngröße beim 10-%-Durchgang der Sieblinie.

Wie Anlage 3.3 zu entnehmen ist, bewegen sich die aus den Kornverteilungen abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte der Schmelzwasserkiese in einem Bereich von $k_f = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s bis $k_f = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Der Verwitterungskies weist einen Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 2 \cdot 10^{-6}$ m/s auf.

Tabellarische Gegenüberstellung der Durchlässigkeitsbeiwerte

Die nach den beiden oben beschriebenen Methoden bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte sind in Tabelle 6 folgendermaßen zusammengestellt:

Tabelle 6: Durchlässigkeitsbeiwerte nach Eingießversuchen und Kornverteilungen

Bohrung	Bodenart	Tiefe Eingießversuch (m u. Gel.)	Tiefe Bodenprobe (m u. Gel.)	Durchlässigkeitsbeiwert nach Eingießversuch (m/s)	Durchlässigkeitsbeiwert nach Kornverteilung (m/s)
BK1/21	Schmelzwasserkies	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$
BK2/21	Schmelzwasserkies		6,0 - 7,5		$1,2 \cdot 10^{-4}$
	Schmelzwasserkies	8,5 - 10,5	9,0 - 11,0	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
BK3/21	Schmelzwasserkies	5,0 - 7,0	6,0 - 8,0	$1 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$
BK4/21	Verwitterungskies	5,0 - 7,8	6,0 - 7,5	$4 \cdot 10^{-6}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, stimmen die aus den unterschiedlichen Auswertemethoden gewonnenen Durchlässigkeitsbeiwerte im Allgemeinen gut überein. Abweichungen sind unter anderem auf den Sachverhalt zurückzuführen, dass in den Eingießversuchen im Bohrloch die Lagerungsdichte der Böden mit einfließt - eine dichte Lagerung setzt die Wasserleitfähigkeit herab, eine lockere Lagerung begünstigt die Durchlässigkeit - während sie in den Kornverteilungen unberücksichtigt bleibt. Daneben gibt es noch eine Vielzahl von Randbedingungen und Faktoren, die Schwankungen in den Durchlässigkeitsversuchen und Auswertungen ergeben.



Zusammenfassung

Der Verwitterungslehm, dessen Durchlässigkeit im Rahmen dieser Untersuchungen nicht weiter untersucht wurde, ist ein sehr gering bis gering durchlässiger, wasserhemmender Boden. Der untergeordnet auftretende Verwitterungssand weist eine etwas höhere Wasserleitfähigkeit auf, ist aber ebenfalls als eher gering durchlässig einzuschätzen.

Der Verwitterungskies bewegt sich im Grenzbereich von gering durchlässig ($k_f = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} - 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$) zu durchlässig ($k_f = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} - 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$) im Sinne von DIN 18130. Nach den oben aufgeführten Durchlässigkeitsbeiwerten ($k_f = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} - 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$) sind insbesondere schwach schluffige Spielarten der verwitterten Kiese noch als durchlässig zu beurteilen. Stärker schluffige Partien, bei denen die Gerölle nicht mehr durchgehend ein stützendes Korngerüst aufbauen, sind als gering durchlässig einzuschätzen.

Für die Schmelzwasserkiese wurden Werte von $k_f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} - 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ermittelt. In den in [U3] durchgeführten Versuchen wurden Werte von $k_f = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ermittelt. Die Schmelzwasserkiese sind damit als durchlässig bis stark durchlässig im Sinne von DIN 18130 einzustufen. Die untergeordnet eingeschalteten Schmelzwassersande sind als schwach durchlässig bis durchlässig einzuschätzen. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass die Sandhorizonte räumlich weit verbreitet bzw. in ausreichender Mächtigkeit auftreten, um die Durchlässigkeit des Kieskörpers insgesamt wesentlich herabzusetzen.

Der Geschiebemergel wurde im Hinblick auf seine Wasserleitfähigkeit nicht weiter untersucht. Es handelt sich erfahrungsgemäß um einen gering durchlässigen Boden.

Die Molassesande sind erfahrungsgemäß und nach [U3] schwach durchlässig bis durchlässig. Bei den Molassemergeln handelt es sich um gering durchlässige, wasserstauende Böden.

7 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten

Eingangsparameter

- Das Projektgebiet befindet sich nicht in einer Wasserschutzgebietszone oder sonstigen geschützten Fläche, die besondere Anforderungen an die Versickerung von Oberflächenwasser mit sich bringt.
- Eingangsvoraussetzung für die Errichtung von Versickerungsanlagen ist, dass sich im Einflussbereich keine Verunreinigungen, insbesondere Altlasten mit hohem Freisetzungspotential befinden, die nachteilige Veränderungen des Grundwassers hervorrufen können.
- Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt weiterhin einen ausreichenden Abstand von der Grundwasseroberfläche voraus. Die Mächtigkeit des Sickerraums soll im Normalfall mindestens 1 m betragen, das heißt, es ist ein Abstand von 1 m zum mittleren höchsten Grundwasserstand einzuhalten.
- Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Aufnahme kann direkt erfolgen oder verzögert über ein ausreichend dimensioniertes Speicher-



volumen der Sickeranlage. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 soll der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung geplant ist, zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s und $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s liegen.

Beurteilung

- Der altlasttechnische Aspekt ist nicht relevant. Von Seiten des Auftraggebers liegt eine Bestätigung vor, dass für keine von der Maßnahme tangierte Fläche ein Eintrag im Altlastenkataster existiert [U1b].
- Der Abstand zum Grundwasserspiegel ist für Versickerungsmulden unproblematisch. Die angetroffenen Kiese waren grundwasserfrei; ein tieferes Grundwassersystem ist erst einige Meter unter der Molasseoberkante zu erwarten.
- Die mehrere Meter mächtigen Deckschichten eignen sich nicht zur Versickerung. Die Verwitterunglehme und -sande scheiden grundsätzlich für die Versickerung aus. Die Verwitterungskiese weisen bereichsweise eine ausreichende Durchlässigkeit auf, diese kann jedoch nicht durchgehend vorausgesetzt werden.
- Im Bereich der geplanten Sickerbecken (s. Lageplan, Anl. 1.2) stehen unter den Deckschichten gut leitfähige Schmelzwasserkiese an, die zur Versickerung geeignet sind. Aufgrund des Flurabstands von ca. 5 – 6 m ist eine Versickerung über Schluckbrunnen, Sickerschloten o.Ä. möglich. Im östlich anschließenden Baugebiet Obere Bussen, das bei der Planung zur Orientierung herangezogen werden kann, erfolgt die Versickerung ebenfalls nach diesem Prinzip. Für die weitere Planung kann für die Kiese ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s in Ansatz gebracht werden.
- Die mutmaßliche Ausdehnung des Kieskörpers wird im geotechnischen Schnitt in Anlage 2.3 skizziert. Demnach beträgt die Mächtigkeit der Schmelzwasserkiese im Bereich des nördlichen Sickerbeckens zwischen 5 m und 7 m. Im Bereich des südlichen Beckens keilt der Kieskörper offenbar aus – so wurden in BK3/21 noch etwa 5 m unverwitterte Kiese angetroffen, während in BK4/21 lediglich verwitterte, schlechter leitfähige Kiese anstehen.

Empfehlungen zum generellen Aufbau der Sickerbecken

Die Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers sollte über eine qualifizierte belebte Bodenzone (Reinigungsschicht, Durchlässigkeit in der Größenordnung $k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s) in eine darunter aufgebrachte Flächendränage aus gewaschenem Rollkies erfolgen. Das Wasser kann anschließend mittels Schluckbrunnen im Schmelzwasserkies versickert werden. Um die Funktionsfähigkeit dieser Sohl-dränage dauerhaft sicherzustellen, ist diese gegen den unterlagernden Boden und gegen die überlagernde belebte Bodenzone jeweils mit einem geeigneten Trenn- bzw. Filtervlies abzutrennen. Eine filtertechnische Bemessung des Filtervlieses in Bezug auf den Oberboden ist erforderlich.

Die Schluckbrunnen sind mit ausreichendem Durchmesser (am besten mit dem bei Großbohrungen gängigen Durchmesser $D = 880$ mm) bis in die Molassesedimente zu bohren. Diese Sedimente stehen am nördlichen Becken in Tiefen zwischen etwa 11 m (Nordseite) und 12,5 m (Südseite) unter derzeitigem Geländeniveau an. Am südlichen Becken werden sie bei rund 8 –



9 m unter Gelände erreicht. Aufgrund des Ausdünnens des Kieskörpers im südlichen Becken wird empfohlen, die Schluckbrunnen in diesem Becken auf den nördlichen Bereich (nahe BK3/21) zu konzentrieren, wo noch eine ausreichende Kiesmächtigkeit angenommen werden darf.

Anm.: Gegen eine alternative Ausführung mittels Bagger mit Innengreifer bestehen Bedenken hinsichtlich der Standfestigkeit des Lochs, sowie hinsichtlich von Hindernissen in Form von Blöcken und Nagelfluhbänken.

Auf mögliche Schwierigkeiten bei der Herstellung der Brunnen durch die zum Teil verfestigten Schichten (Nagelfluh) wird ausdrücklich hingewiesen. Es ist also ein leistungsfähiges Drehbohrgerät einzusetzen, das Hartbänke (Fels) mit entsprechendem Felsbohrwerkzeug durchfahren (meißeln) kann.

Für die Planung des Sickerbeckens ist das Arbeitsblatt DWA-A 138 zu beachten. Die Eignung des reinigenden Oberbodens (Sand-Humus-Gemisch) ist vor dem Einbau nachzuweisen. Die Durchlässigkeit ist im eingebauten Zustand zu prüfen.

Die Schluckbrunnen sind fachtechnisch zu bemessen und zu planen. Ebenso sind die Brunnenbohrarbeiten geologisch und hydrogeologisch zu überwachen. Die Funktion der Brunnen ist direkt nach der Herstellung zu prüfen und nachzuweisen.

Es wird empfohlen, das Versickerungskonzept frühzeitig mit dem zuständigen Landratsamt abzustimmen.

8 Geotechnische Standortbeurteilung

8.1 Baugebiet und Baugrund

In der Anlage 1.2 ist der Bebauungsplan des Neubaugebietes (Straßen, Bauplätze) im Grundriss dargestellt. Demnach sind etwa 83 Grundstücke um geschlossene, „oval“förmig angelegte Erschließungsstraßen angeordnet. Größtenteils handelt es sich bei der Bebauung um Ein- und Zweifamilienhäuser, in ein paar größeren Grundstücken ist Mehrparteien- und Geschosswohnungsbau möglich. Die Zufahrt zum Baugebiet erfolgt über zwei Anbindungen im Norden und Osten an die Entlastungsstraße Rosslauf.

Mit [U2b] liegt ein erster Entwurf der Erschließungsplanung mit der Kanaltrassierung vor. Regen- und Schmutzwasserkanal kommen unter der Erschließungsstraße zu liegen. Für die Regenwasserableitung sind zwei Stränge vorgesehen: ein nördlicher, der in das zentral-östliche Versickerungsbecken entwässert und ein süd-westlicher Strang, der in das südöstlich gelegene Versickerungsbecken läuft. Das Schmutzwasser wird gesammelt von Norden nach Süden geleitet und an die Bestandskanalisation angeschlossen, welche in der Straße „Zum Eichberg“ verläuft.

Der Schmutzwasserkanal wird größtenteils um die 4 m unter Gelände zu liegen kommen, der Regenwasserkanal bindet größtenteils mit gut 3 m etwas weniger tief ins Gelände ein.



Nachfolgend wird auf den Kanal- und Straßenbau sowie in allgemeiner Form auf grundsätzliche Angaben zur Gebäudegründung eingegangen. Im Zuge der weiteren Planungen sind die folgenden Aussagen zu verifizieren.

Bautechnisch lässt sich der Baugrund vereinfacht in vier Einheiten unterteilen:

- weichkonsistenter Verwitterungslehm (gering tragfähig),
- steifkonsistenter Verwitterungslehm, locker gelagerter Verwitterungskies und -sand (mäßig tragfähig),
- mindestens mitteldicht gelagerter Verwitterungskies und -sand, locker gelagerter Schmelzwasserkies und -sand (mäßig tragfähig bis tragfähig),
- mindestens mitteldichter Schmelzwasserkies und -sand, mindestens mitteldichter Molassesand, Molassemergel, Geschiebemergel (tragfähig bis gut tragfähig).

Grundwasser wurde im Zuge der Baugrunderkundung nicht angetroffen. Das bedeutet, das Grundwasser spielt in Bezug auf das Baugebiet allenfalls eine untergeordnete Rolle. Die detaillierte Beschreibung der Grundwasserverhältnisse ist Kapitel 5 zu entnehmen.

Größere Wassermengen sind durch das Oberflächen-/Hangwasser zu erwarten, womit der Ableitung von Niederschlagswasser größere Bedeutung zukommt.

8.2 Kanalbau

Aushub und Verbau

Die Sohle des Schmutzwasserkanals wird [U2b] zufolge um 4 m tief zu liegen kommen, der Regenwasserkanal liegt etwa 0,5 m - 1 m höher. Die Sohle des Schmutzwasserkanals wird damit größtenteils im Verwitterungskies und -sand bzw. im Übergangsbereich von Verwitterungslehm zu Verwitterungskies zu liegen kommen. Die Sohle des Regenwasserkanals wird häufiger im Verwitterungslehm zu liegen kommen. Untergeordnet kommt die Aushubsohle in besser tragfähigen Baugrundsichten wie z.B. im Molassesand bei SG3 zu liegen.

Für den Kanalbau sind somit die Verwitterungsdeckschichten in Form von Verwitterungslehm und -kies, untergeordnet -sand maßgebend. Die Ausbildung der Verwitterungsdeckschichten kann den Baugrundprofilen der Anlagen 2.1-17 entnommen werden. Die erdbautechnische Klassifikation (Bodenklasse nach DIN 18300 (09/2012), Frostempfindlichkeit) ist in der Tabelle 3 (Kap. 4) zusammengestellt.

Mit Ausnahme lokal möglicher Anreicherungen von Steinen oder Blöcken lassen sich die Verwitterungsdeckschichten gut mit einem üblichen Hydraulikbagger lösen.

Es wird empfohlen, die Kanalgräben im Schutze eines senkrechten Verbaus (Verbautafeln) herzustellen. Um Bodeneinbrüche von außen in die Baugrube hinein bzw. seitliche Bodenauflockerungen so gering wie möglich zu halten, ist der Verbau zügig (spätestens nach 0,5 m vorausseilendem Aushub) nachzuführen.

Alternativ zu Verbautafeln sind freie Böschungen denkbar. Für die Ausbildung von Böschungen und Verbau ist generell die DIN 4124 zu beachten.



Hinzuweisen ist noch auf die Frost- und Nässeempfindlichkeit der bindigen Böden, weshalb die Arbeiten möglichst bei günstiger Witterung auszuführen sind bzw. immer nur so viel auszuheben ist, wie auch umgehend wieder überbaut / versiegelt werden kann.

Grabensohle, Wasserhaltung

Sofern nichtbindige Böden (Verwitterungskies, Schmelzwasserablagerungen) in der Kanalsohle anstehen, sind diese nachzuverdichten. Sollte in der Kanalsohle aufgeweichte Bodenpartien bzw. weichkonsistente bindige Böden anstehen, sind diese auszutauschen. Dabei wird die Grabensohle ungefähr 30 cm tiefer ausgehoben und mit einem gut kornabgestuften Kies-Sand-Gemisch aufgebaut und verdichtet. Gleiches gilt, sofern sich die nichtbindigen Böden nicht ordentlich nachverdichten lassen. Sofern bei „schwammigem“ Untergrund keine ordentliche Verdichtung des Kieskoffers möglich ist, kann vorher zur Sohlverbesserung ein allseitig gebrochener Schotter (Breckkorn z.B. 20/60) in die Grabensohle eingedrückt werden. Alternativ zum Kieskoffer kann eine ungefähr 15 cm starke Magerbetonschicht eingebracht werden.

Die Gründung / Bettung erfolgt dann auf einer Ausgleichsschicht nach DIN EN 1610. Die Bettung der Rohrleitung entspricht Typ 1 der DIN 1610.

Mit Schichtwasserzutritten ist nur untergeordnet zu rechnen.

Die Wasserhaltung beschränkt sich weitgehend auf die Ableitung von Hang- und Tagwasser sowie geringerer Mengen an Schicht- und Sickerwasser. Bei Bedarf sind Pumpensämpfe zu setzen (Pumpleistung < 1 l/s).

Das entnommene Wasser ist über ein Absetzbecken zu führen, so dass hieraus keine Übertritte von Trübstoff in den Vorfluter zu befürchten sind. Die Wasserhaltung ist nach VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Wasserhaltungsarbeiten – DIN 18305, zu betreiben. Das geförderte Wasser ist dementsprechend visuell und hinsichtlich des Geruchs zu prüfen, die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Grabenverfüllung

Das Material zur Verfüllung der Leitungszone und die Verdichtung sind auf das einzubauende Rohr abzustimmen. Üblicherweise wird hierzu Fremdmaterial (stark sandiger Kies mit einem Größtkorn von 20 mm oder hydraulisch gebundenes Material) verwendet. In der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät gearbeitet werden.

In der Hauptverfüllung von Flächen mit Nutzungsanforderungen (Verkehrsflächen etc.) ist verdichtungsfähiges Material (z.B. Bodengruppen GW, GU bis GU* gemäß DIN 18196), lagenweise bis auf mindestens 97 % der einfachen Proctordichte einzubauen. Die eingebauten Lagenstärken sollen im Bereich von nicht mehr als 30 cm liegen. Die obersten zwei Lagen unter dem frostsicheren Oberbau von Verkehrsflächen sind mit mindestens 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der Verdichtungserfolg ist nachzuweisen (statische Plattendruckversuche, Dichteprüfungen etc.).

Bei Einsatz eines sandig-kiesigen Materials sind zur Verhinderung einer Längsdrainage im Abstand von ca. 50 m Querriegel aus wasserhemmenden Böden (Lehmschlag) oder Beton vorzu-



sehen, die auch die Leitungszone und – sofern rolliges Material verwendet wird – die Bettungsschicht und den Bodenaustausch einschließen.

Die im Aushub anfallenden Böden wären theoretisch - nach einer entsprechenden Konditionierung mit Kalk-Zement-Bindemittel - für einen qualifizierten Wiedereinbau geeignet. Bindemittelstabilisierungen erfordern allerdings erhöhte Sachkunde und entsprechende Erfahrung des ausführenden Bauunternehmens und werden erfahrungsgemäß nicht von allen Bietern gleichermaßen sicher beherrscht. Das Merkblatt [MBB] ist zu beachten. Hinzuweisen ist auch auf die Problematik der Staubentwicklung bei Streu- und Fräsarbeiten mit Bindemittel insbesondere in der Nachbarschaft von Wohnbebauung (ggf. Verwendung von granuliertem Bindemittel). Des Weiteren ist die Bodenverbesserung stark witterungsabhängig und es wären im Vorfeld Eignungsprüfungen, sowie Testfelder durchzuführen. Aus diesen Gründen ist eine Grabenverfüllung aus bindemittelstabilisiertem Material nur im Rahmen von Sondervorschlägen zu sehen. Der Sondervorschlag sollte eine Eignungsprüfung der Böden inklusive Bindemittel- und Einbauanweisungen und eine entsprechende Eigenüberwachung (Güteüberwachung) beinhalten.

In Flächen ohne Nutzungsanforderung (unbefestigtes Gelände) kann abgetragenes Aushubmaterial, soweit unbelastet, als Grabenverfüllung verwendet werden. Dabei ist dann mit deutlichen Eigensetzungen zu rechnen, was bei einer Nutzung als Wiese / Grünland unproblematisch sein dürfte.

Beim Einbau der Verfüllung ist der Verbau Zug um Zug hochzunehmen. Es ist auf eine kraftschlüssige Verdichtung zum benachbarten Baugrund zu achten.

Für die Planung, Ausführung und Prüfung der Verfüllung sind die DIN EN 1610 sowie die ZTV E-StB zu beachten.

8.3 Straßenbau

Nach Abschub des rund 20-40 cm mächtigen Mutterbodens (Oberboden) steht im Bereich der Erschließungsstraße der Verwitterungslehm an, in dem das Verkehrswegeplanum liegen wird.

Bei den Feldarbeiten und Laborversuchen wurde der Verwitterungslehm hinsichtlich der Konsistenz vorrangig als weich oder weich im Übergang zu steif angesprochen, wobei sich oberflächennah der Wassergehalt und damit die Konsistenz im Laufe der Jahreszeiten verändern. Der Verwitterungslehm ist stark nässe- und frostempfindlich. Eine detaillierte Beschreibung des Bodens ist Kapitel 3 zu entnehmen.

Der frostsichere Straßenaufbau ist nach RStO 12 zu planen und herzustellen. Dabei ist unabhängig vom gewählten Aufbau und der Bauklasse auf dem Erdplanum bei Unterkante des Straßenoberbaus ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Dieser Wert ist mit statischen Plattendruckversuchen nachzuweisen.

In dem gering tragfähigen Verwitterungslehm ist das geforderte Mindestkriterium nach ZTV E-StB ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) ohne zusätzliche Maßnahmen nicht zu erreichen. Daher ist der Einbau eines Bodenersatzkörpers (Planumsverbesserung) einzuplanen.



Für die Planumsverbesserung ist bis ca. 30 cm unter das spätere Erdplanum auszuheben. Die Aushubsohle ist durch Eindrücken von Brechkorn (gebrochenes Material, Körnung ca. 20/60) zu stabilisieren. Dazu wird eine Lage Brechkorn (Schüttstärke ca. 10 cm) auf die Aushubsohle aufgebracht und eingewalzt, so dass die Körner vollständig in den Untergrund eingedrückt werden.

Anschließend ist der Bodenersatzkörper einzubauen. Die Aushubsohle ist, wie bereits erwähnt, stark frost- und nässeempfindlich und daher umgehend nach der Freilegung und Stabilisierung wieder zu überbauen („Zug um Zug“). Für den Geländeaufbau (Bodenersatzkörper) bis auf Höhe des Erdplanums ist ein gut kornabgestufter, verdichtungsfähiger Kies-Sand (z.B. GW-GU nach DIN 18196, Wandkies nach Abtrennung von Steinen) zu verwenden. Das Material ist mit Verdichtung einzubauen, die Tragfähigkeit ist zu kontrollieren und nachzuweisen. Der Aufbau ist durch Testfelder zu prüfen und gegebenenfalls zu optimieren / zu verstärken. Brechkorn wird nur erforderlich, wenn sich witterungsbedingt der Bodenersatzkörper nicht ordentlich verdichten lässt (nasses, aufgeweichtes Planum).

Die ZTVE-StB ist bei der Planung und Ausführung zu beachten.

Die Herstellung eines stabilen Erdplanums durch Einfräsen von Kalk-Zement-Bindemittel ist wie bei der Kanalgrabenverfüllung theoretisch möglich. Auch hier ist die Bindemittelstabilisierung im Bereich von Sondervorschlägen zu sehen, da hohe Sachkunde der ausführenden Firmen erforderlich ist, die Arbeiten stark witterungsabhängig sind und zudem die gesamte Kanal- und Leitungsverlegung inkl. Hausanschlüsse etc. in die Planung einzubeziehen ist. Zu beachten ist, dass bindemittelstabilisierter Boden langfristig hohe Festigkeiten erreicht und nachträglich nur schwer wieder zu lösen ist. Die Ausführungen im Kapitel Kanalbau sind zu beachten.

8.4 Gebäude / Gründung

Grundsätzlich ist zur Bemessung von Gründungen der Eurocode 7 (EC 7), also die DIN EN 1997 zu beachten.

Die frostsichere Mindesteinbindetiefe von Gründungskörpern ist in Pfullendorf mit $t \geq 1,1$ m anzugeben.

Hinsichtlich der Bauwerksgründungen ist zu unterscheiden zwischen unterkellerten und nicht unterkellerten Gebäuden.

Unterkellerte Gebäude

Gründungssohlen von unterkellerten Gebäuden kommen, bei üblichen Unterkellertiefen von 2 bis 3 m, größtenteils in gering tragfähigem Verwitterungslehm oder in mäßig tragfähigem Verwitterungskies zu liegen. Gut tragfähiger Baugrund wird im üblichen Gründungsniveau voraussichtlich nicht erscheinen.

In dem gering tragfähigen, frost- und nässeempfindlichen Baugrund wird empfohlen, eine biegesteife Bodenplatte auf eine mindestens 30 cm starken Ausgleichsschicht (Bodenersatzkörper) zu gründen. Als Material eignet sich ein Kies-Sand-Gemisch (Wandkies nach Abtrennung von Steinen, GW nach DIN 18196, FSK). Sofern noch aufgeweichte Bodenpartien unter der



Gründungssohle verbleiben und bei „schwammigem“ Untergrund keine Verdichtung der Ausgleichsschicht möglich ist, ist ein entsprechend tieferer Bodenaustausch oder eine Sohlstabilisierung mit Brechkorn erforderlich. Aufgrund der Aushubentlastung ist bei den üblichen Lasten von Einfamilienhäusern nur mit geringen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen der Bodenplatte zu rechnen. Dies ist an jedem Standort und Bauwerk gesondert zu betrachten.

Sollte die Aushubsohle flächig im Verwitterungskies oder im Molassesand liegen, sind diese Böden nachzuverdichten. In diesem Fall kann gegebenenfalls auf die Ausgleichsschicht verzichtet werden.

Sofern es die Platzverhältnisse zulassen, darf in den anstehenden Böden oberhalb des Grundwassers, in annähernd ebenem Gelände (Neigung kleiner 1:10) und außerhalb des Lasteinflusses von Nachbarbebauung (Bauwerke und Verkehrsflächen) bis max. 5 m Böschungshöhe unter einer Neigung von $\leq 45^\circ$ in weichkonsistentem Verwitterungslehm und Verwitterungskies bzw. unter einer Neigung $\leq 60^\circ$ im mindestens steifen Verwitterungslehm frei geböscht werden. Die Böschungen sind gegen Witterungseinflüsse mit Planen o. Ä. zu schützen.

Beim Aushub der Baugruben für unterkellerte Gebäude werden voraussichtlich keine bzw. nur geringe Mengen an Schicht- und Sickerwasser angeschnitten. Gegebenenfalls tritt jedoch Oberflächen- und Hangwasser in die Baugrube ein, weshalb zur Trockenlegung der Baugruben eine offene Wasserhaltung einzukalkulieren ist.

Selbst wenn die Baugrube während der Bauzeit trocken bleibt, können nach Starkregenereignissen bzw. jahreszeitlich bedingt Oberflächen-, Hang- und Schichtwässer auftreten, die sich in der Arbeitsraumverfüllung bei Unterkellerung in den bindigen Böden aufstauen und temporären Wasserdruck verursachen („Badewannen-Effekt“).

Der Feuchteschutz der Gebäude erfolgt gemäß DIN 4095 sowie DIN 18533. DIN 4095 unterscheidet drei Fälle zur Festlegung der Drän- bzw. Abdichtungsmaßnahmen:

Fall a „Abdichtung ohne Dränung“ setzt stark durchlässigen Baugrund ($k_f > 1 \times 10^{-4}$ m/s) und ausreichend Grundwasserabstand voraus. Diese Durchlässigkeiten können allenfalls im Schmelzwasserkies erreicht werden, welcher im Baugebiet nicht in geeigneter Tiefenlage angetroffen wird, womit diese Variante ausgeschlossen ist.

Fall b „Abdichtung mit Dränung“ setzt einen gesicherten (rückstaufreien) Vorflutanschluss voraus. Da ein Trennsystem mit Regenwasserkanal vorgesehen ist, sind Drainagen, welche genehmigungspflichtig sind, denkbar. Es gilt zu prüfen, ob die Drainagen der einzelnen Grundstücke an den geplanten Regenwasserkanal angeschlossen werden können / dürfen.

Fall c „Abdichtung ohne Dränung“ wird bei drückendem Wasser bzw. wenn eine Dränung nicht möglich / gewünscht, ist angewendet. Erdberührte Bauteile sind dann wasserdicht (z.B. WU-Beton-Bauweise bzw. Abdichtung nach DIN 18533) und auftriebssicher auszubilden.



Nicht unterkellerte Gebäude

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kommt die Gründung im gering tragfähigen Verwitterungslehm zu liegen, der geringe Steifigkeiten aufweist und dementsprechend bei Belastung mit Verformungen (Setzungen) reagiert (keine Vorentlastung durch den Aushub wie bei unterkellerten Gebäuden).

Hier bietet sich die Variante Flächengründung (biegesteife Bodenplatte auf Bodenersatzkörper) an. Bei dieser „schwimmenden“ Gründung werden einheitliche Gründungsbedingungen für das Tragwerk und die Fußböden geschaffen, was die auftretenden Setzungen „gleichmäßiger“ verteilt. Je nach Lage des Gebäudes im Baugebiet sowie in Abhängigkeit der Bauwerkslasten wird die erforderliche Mächtigkeit des Bodenersatzkörpers variieren.

Als Material eignet sich Frostschutzkies (GW nach DIN 18196), womit voraussichtlich auch Frostschrünzen entfallen können. Der Verdichtungsgrad ist mit 100 % der einfachen Proctordichte anzustreben.

Als Alternative sind Brunnengründungen, Säulen, Tiefenbodenverbesserungen oder Ähnliches zu nennen. Dies gilt es ebenfalls an jedem Standort gesondert zu betrachten.

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kann unterhalb der Bodenplatte eine mindestens 15 cm starke kapillarbrechende Schicht aus Rollierung der Körnung 8/16 mm auf Vliesunterlage mit freiem Auslauf angeordnet werden, wenn nicht eine wasserdichte „wasserunempfindliche“ Bodenplatte gewählt wird. Andernfalls ist mit Bodenfeuchte unter der Bodenplatte zu rechnen.

Die Bebauung ist in die Geotechnische Kategorie 2 gemäß DIN 1054 einzustufen. Diese umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf die Bauwerke und den Baugrund. Es sind eine ingenieurmäßige Bearbeitung und rechnerische Nachweise der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen erforderlich.

Generell sind regelmäßige Gebäudeaufrisse mit gleichmäßigen Gründungssohlen und möglichst gleichmäßigen Sohlspannungsverteilungen zu empfehlen.

Inwieweit Hochwasser- bzw. Erosionsschutzmaßnahmen gegen Starkregenereignisse sinnvoll sind, ist von der jeweiligen Lage und Gestaltung des Grundstücks abhängig.

8.5 Weitere Hinweise und Empfehlungen / Beurteilung der Bebaubarkeit

Der Mutterboden ist vor Beginn der Baumaßnahmen abzutragen. Er kann gegebenenfalls gelagert und anschließend zum Wiedereinbau für Landschaftsgestaltung (Bodenverwertung) verwendet werden. Die DIN 18915 sowie die DIN 19731 sind zu beachten. Oberboden/Mutterboden ist nach § 202 BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.

Besonders hinzuweisen ist nochmals auf die starke Frost- und Nässeempfindlichkeit der anstehenden Böden, die mit Entfestigung bzw. Verflüssigung auf Feuchtigkeitszutritt reagieren. Aushubsohlen in bindigen Böden sind daher nach Freilegung umgehend zu überbauen. Stark aufgeweichte Partien sind auszutauschen.



Abgetragenes Aushubmaterial kann, soweit unbelastet, ggf. für Geländemodellierungen (ohne statische Anforderungen) oder Baugrubenverfüllungen im unbefestigten Gelände verwendet werden. Dabei ist dann mit deutlichen Eigensetzungen zu rechnen, was bei einer Nutzung als Wiese / Grünland unproblematisch sein dürfte.

Material, das zum Wiedereinbau verwendet werden soll, ist in geeigneter Weise zwischenzulagern und vor Witterungseinflüssen zu schützen (Abdecken oder bei bindigem Material Glattwalzen mit starkem Quergefälle).

In Zusammenhang mit allen Erdarbeiten empfiehlt es sich, die Einhaltung der Richtlinien der ZTV E-StB einzufordern.

Für Aushub, der abgefahren werden soll, ist Folgendes anzumerken: gewachsener Boden kann gegebenenfalls bis zu einer Menge von 500 m³ mittels „einfacher“ Unbedenklichkeitserklärung einer Verwertung z.B. als Grubenverfüllung zugeführt werden. Über 500 m³ und bei Auffüllungen werden üblicherweise chemische Analysen erforderlich.

Zusammenfassend ist das Baugebiet aus geotechnischer Sicht als gut bebaubar zu bezeichnen. Für Bebauungen sind zusätzliche Aufwendungen für die Gründung zu erwarten, welche im üblichen Rahmen anzusiedeln sind. Die Bauwerksgründungen sind detailliert am Einzelobjekt zu planen.

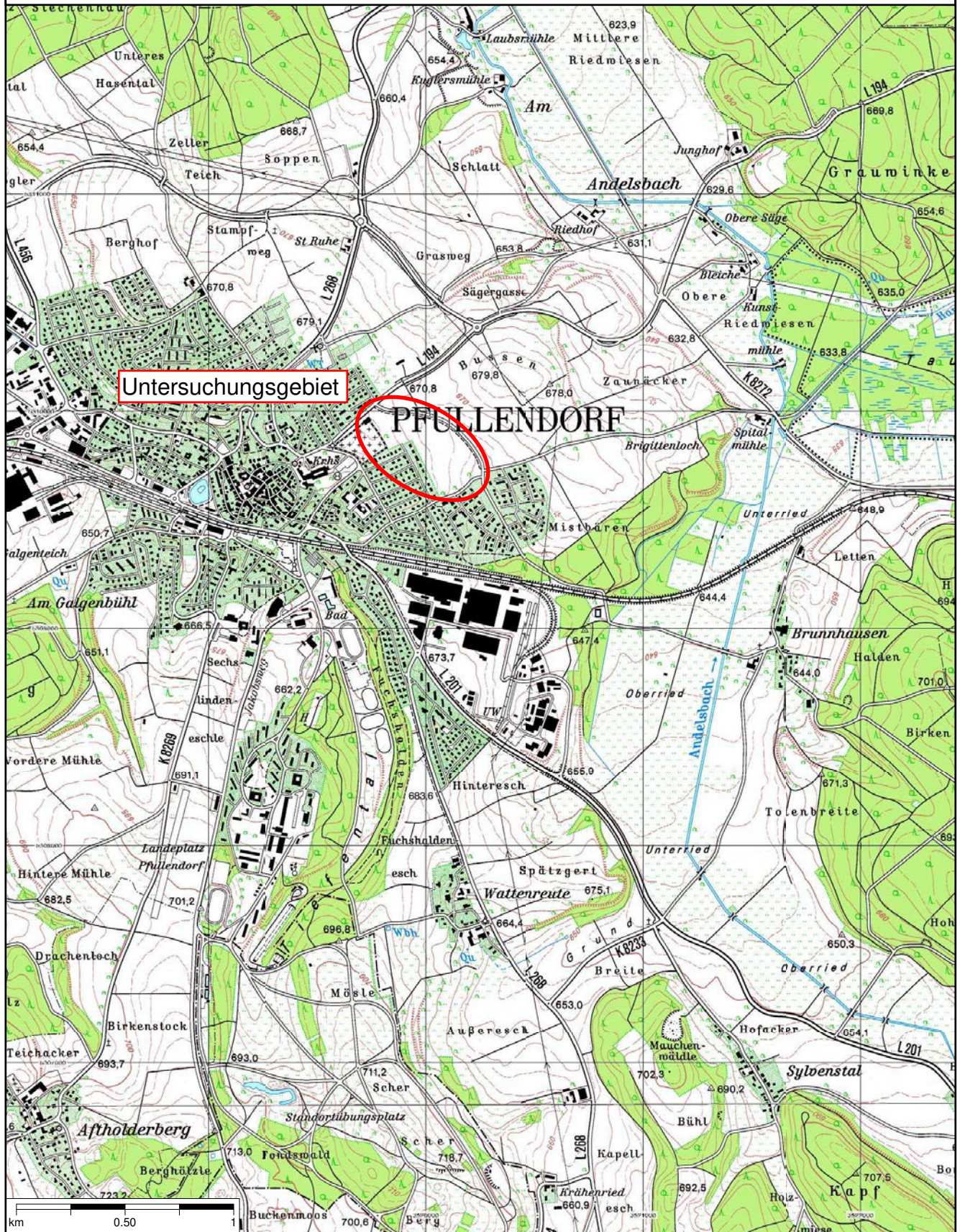
Anm.: Es obliegt den vor Ort mit der Umsetzung der Baumaßnahme verantwortlich tätigen Fachkräften, die hier aufgeführten Angaben und Empfehlungen zu prüfen und den technischen Regeln entsprechend umzusetzen, auszuführen und gegebenenfalls durch einen geotechnischen Sachverständigen prüfen oder abnehmen zu lassen. Sofern im Zuge des Erdbaus die Baugrundverhältnisse gegenüber den Erwartungen abweichen oder sich Unklarheiten ergeben, ist in jedem Falle ein Sachverständiger für Geotechnik zu Rate zu ziehen.

Projektbearbeiter: Christian Riedl, M. Sc. (Geologie)
Jörg Fischer, M. Eng. (Geotechnik)
Dipl.-Ing. Stefan Niefer (Projektleiter)

C. Riedl.



Übersichtslageplan M 1:25.000



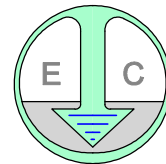


	BK	Rammkernbohrung
	SG	Baggerschurf
	DPH	Schwere Rammsondierung
	A - A'	Geotechnischer Schnitt

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für
Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
**Pfullendorf,
Baugebiet Dreißigste Garb**

Plan: Lageplan	Maßstab: 1:2000
Aktenzeichen: 200506	Anlage: 1.2
Grundlage:	

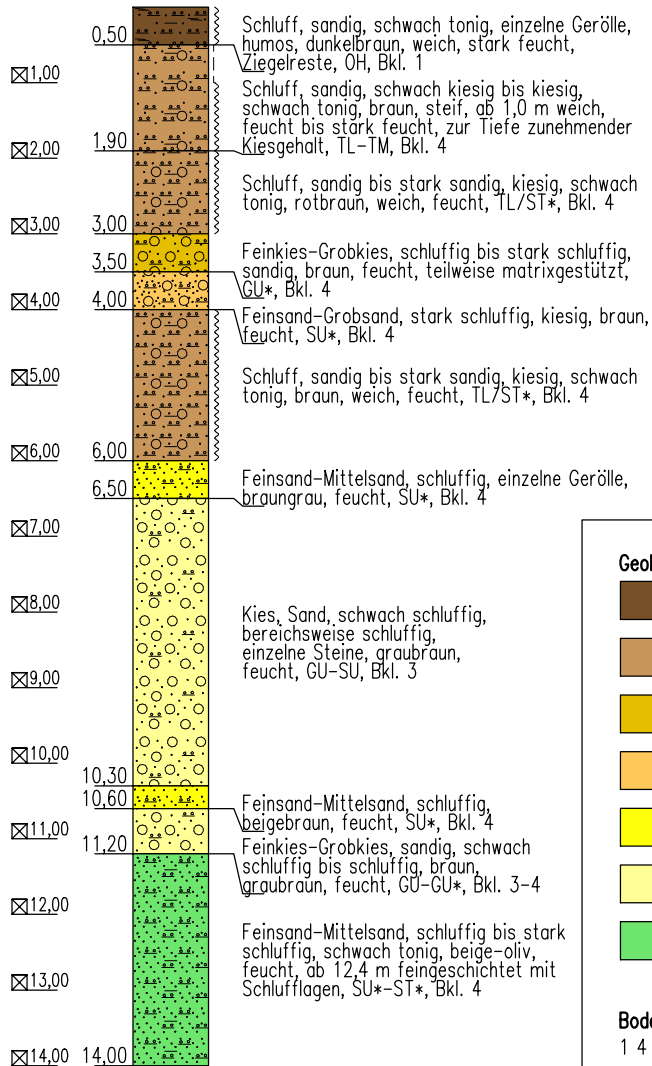
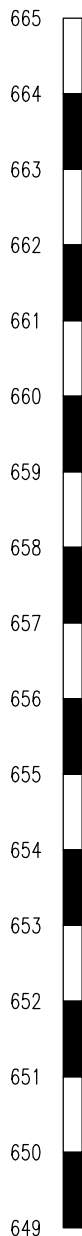


Schichtsäule Maßstab d. H. 1:100

BK1/21

663.81 m NN

m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Verwitterungssand
- Schmelzwassersand
- Schmelzwasserkies
- Molassesand

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 4 3

Bodengruppen DIN 18 196

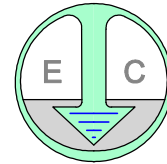
OH TL-TM TL/ST* GU* SU*
GU- GU* SU*-ST*

Proben

- Becherprobe
- 10L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Konsistenz/Lagerungsdichte

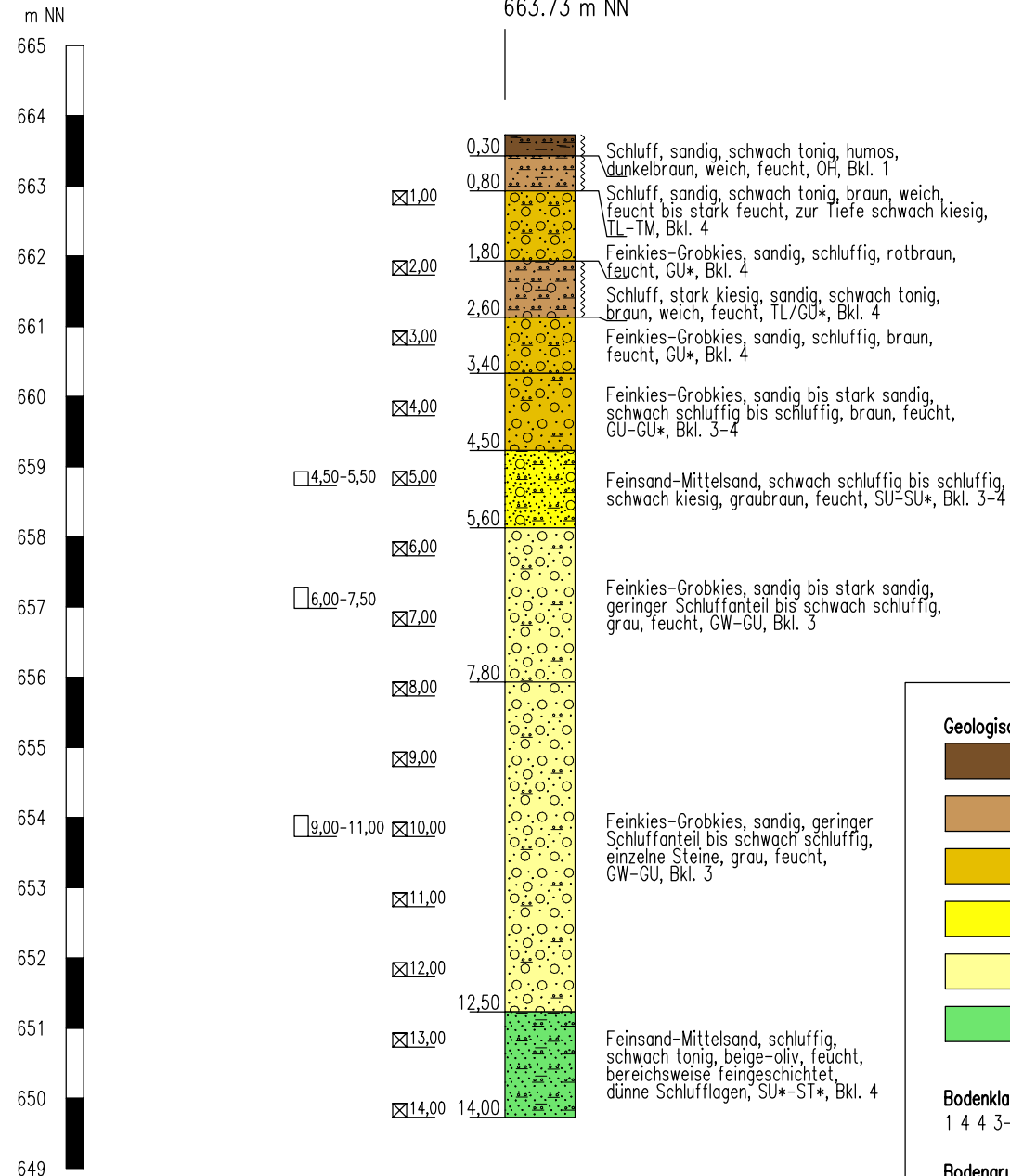
- weich
- steif



Schichtsäule Maßstab d. H. 1:100

BK2/21

663.73 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwassersand
- Schmelzwasserkies
- Molassesand

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 4 3-4 3

Bodengruppen DIN 18 196

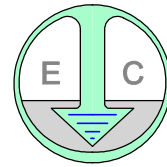
OH TL-TM GU* TL/GU* GU-GU* SU-SU* GU GW-GU SU*-ST*

Proben

- Becherprobe
- 10L-Eimerprobe
- 5L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

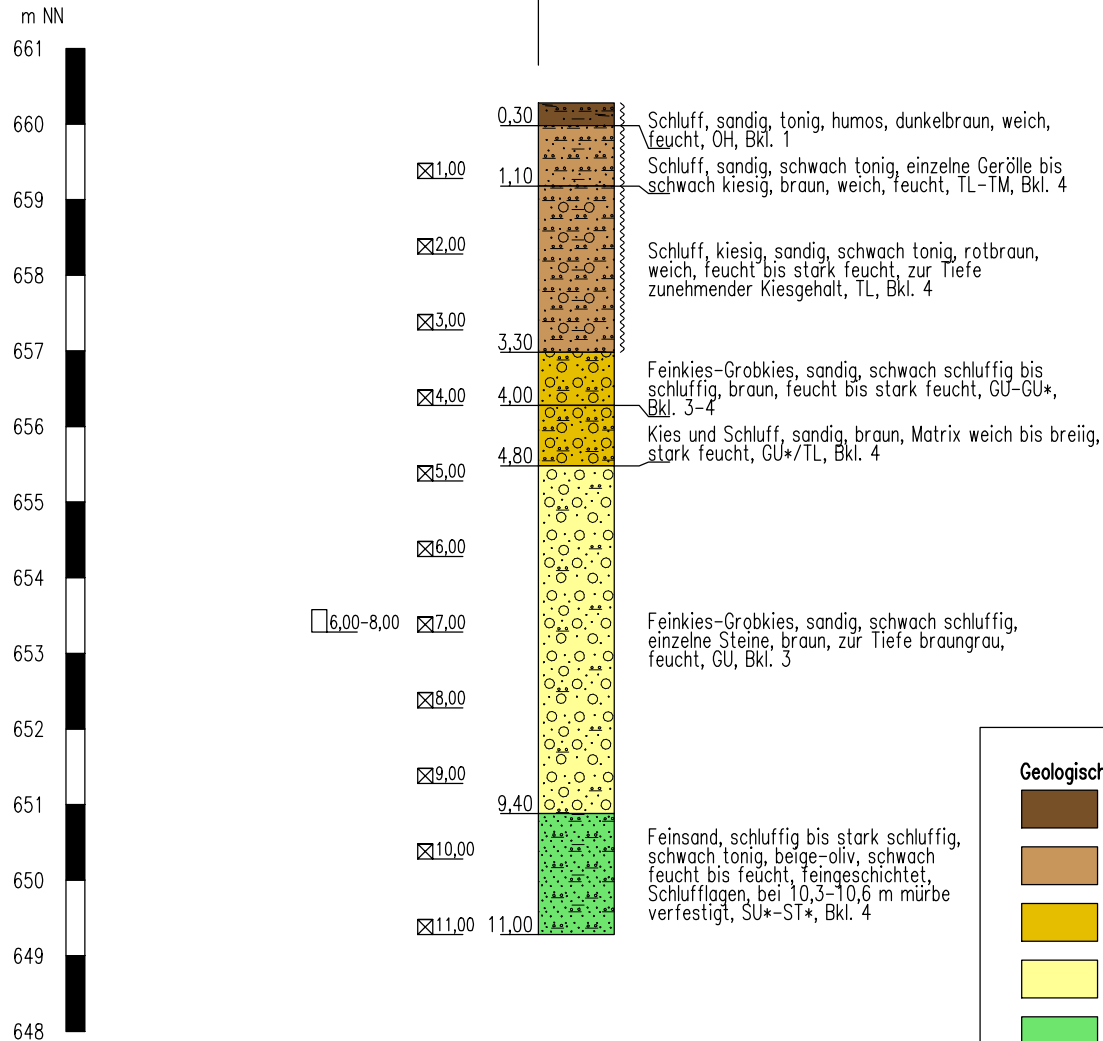
Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:100
BK3/21

660.28 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies
- Molassesand

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 3-4 3

Bodengruppen DIN 18 196

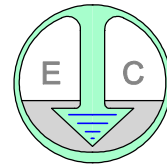
OH TL-TM TL GU-GU* GU*/TL
GU SU*-ST*

Proben

- Becherprobe
- 10L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

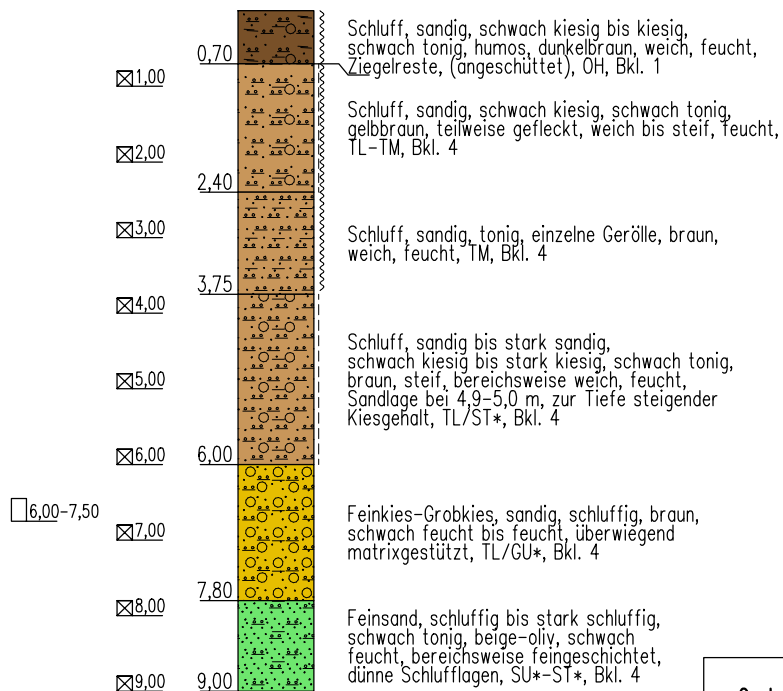
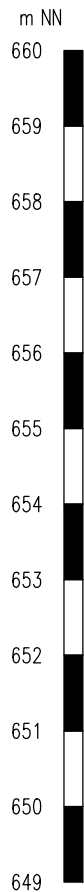
Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich



Schichtsäule Maßstab d. H. 1:100 BK4/21

658.99 m NN



Geologische Bezeichnung

	Mutterboden
	Verwitterungslehm
	Verwitterungskies
	Molassesand

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 4

Bodengruppen DIN 18 196

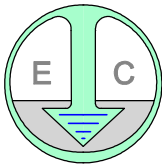
OH TL-TM TM TL/ST*
TL/GU* SU*-ST*

Proben

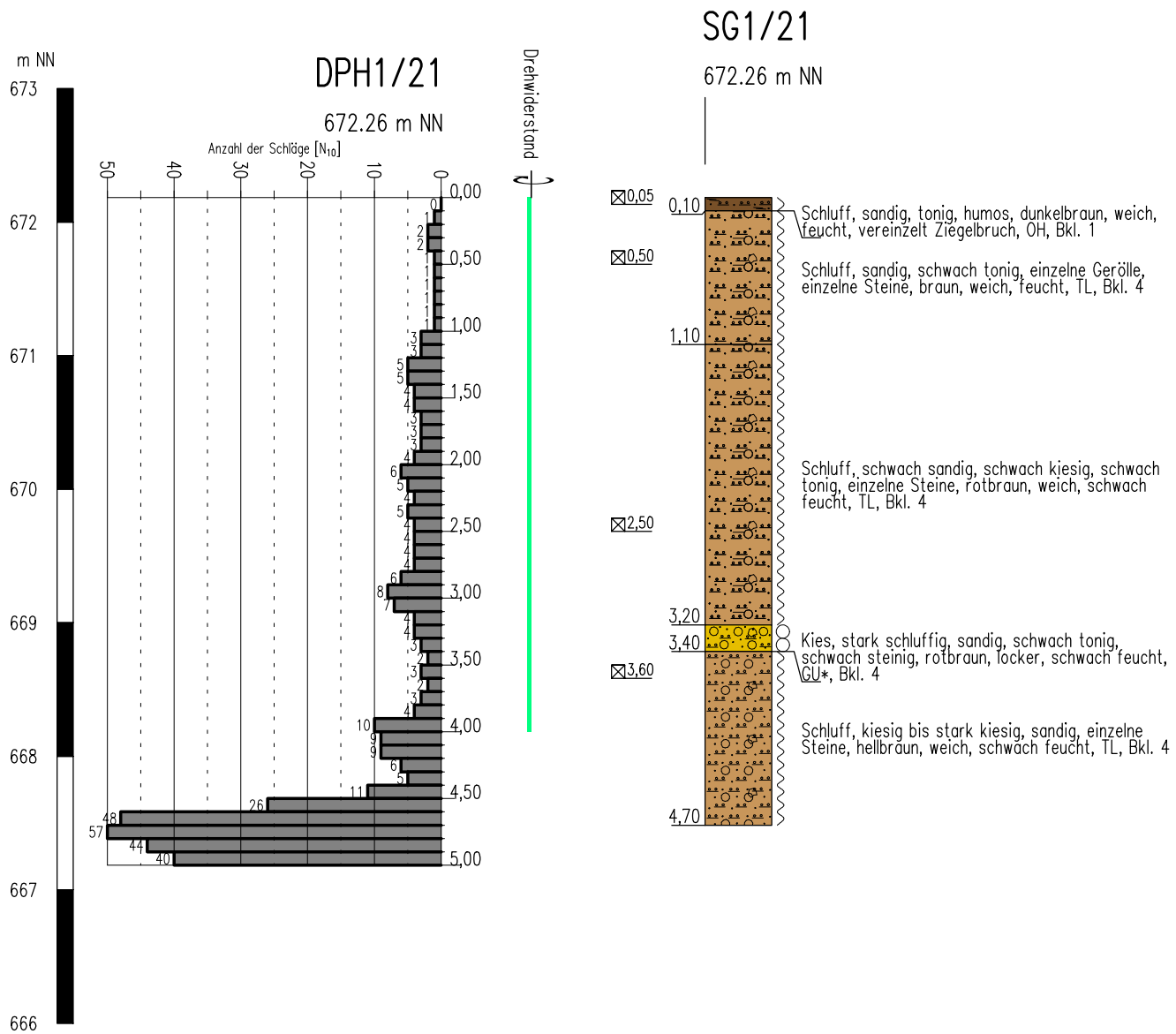
	Becherprobe
	10L-Eimerprobe
Mu	Oberbodenprobe
AP	Asphaltprobe
MP	Mischprobe

Konsistenz/Lagerungsdichte

	weich
	weich bis steif
	steif



Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*

Konsistenz/Lagerungsdichte

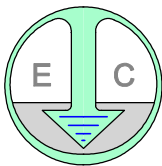
- weich
- locker

Proben

- Becherprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Drehwiderstand

- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)



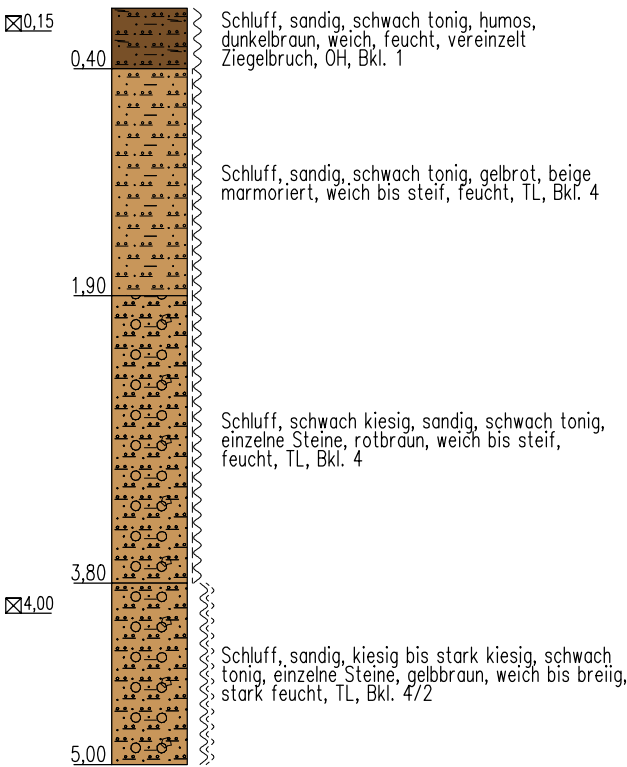
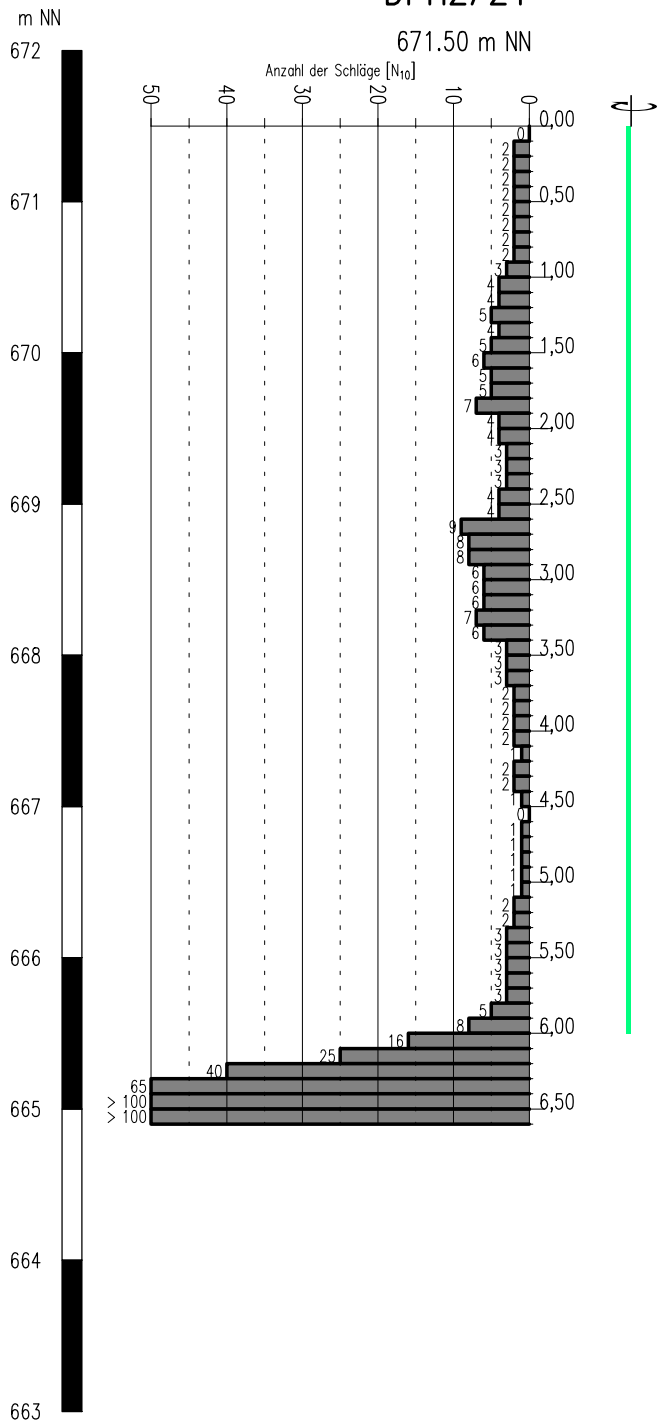
Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG2/21

671.63 m NN

DPH2/21

671.50 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 4/2

Bodengruppen DIN 18 196

OH TL

Drehwiderstand

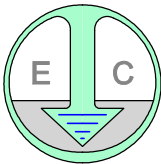
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 – 100 Nm)
- schwer (ca. 100 – 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- weich bis steif
- weich bis breiig

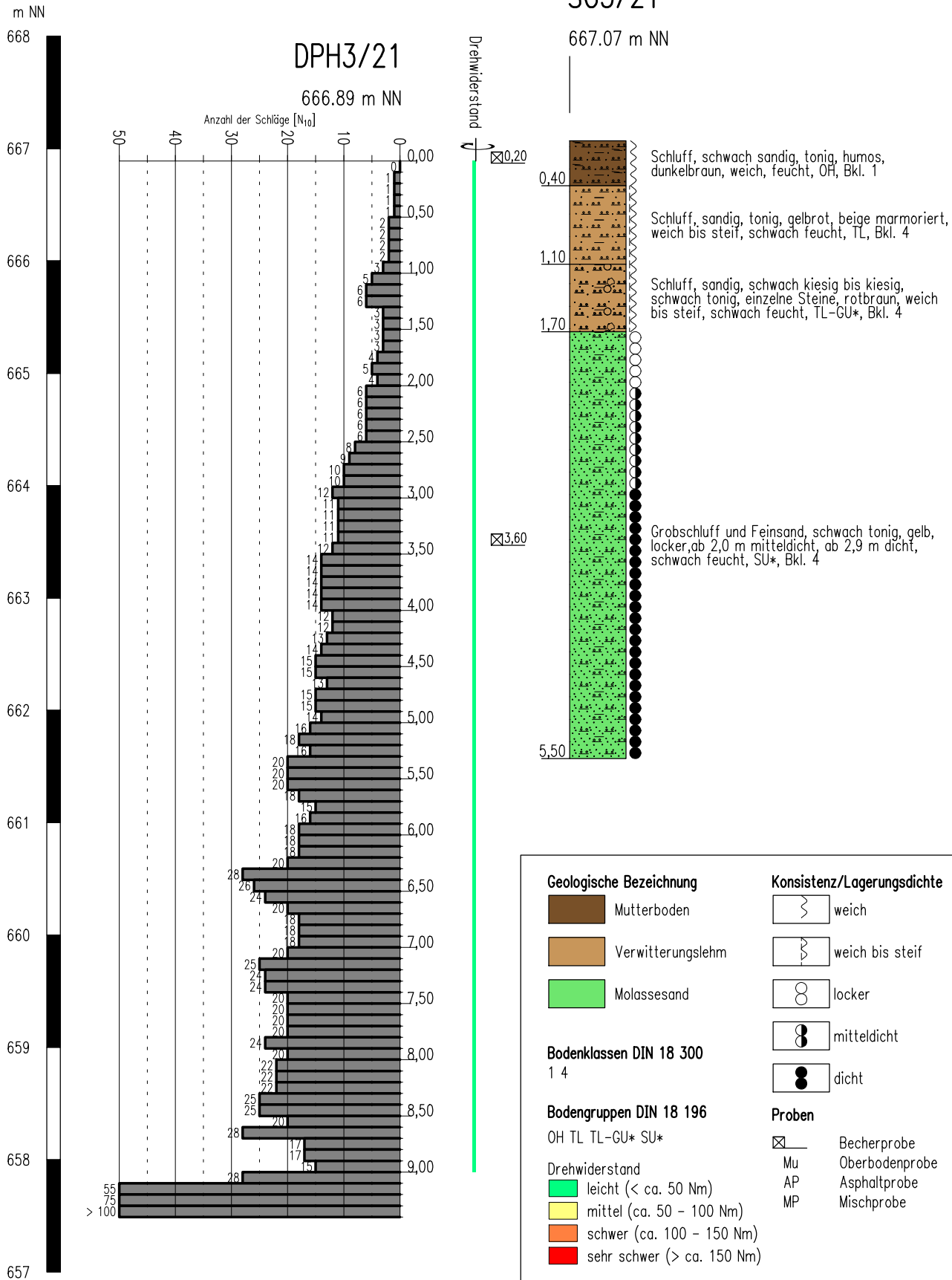
Proben

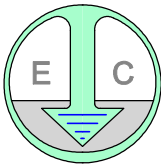
- Becherprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe



Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG3/21





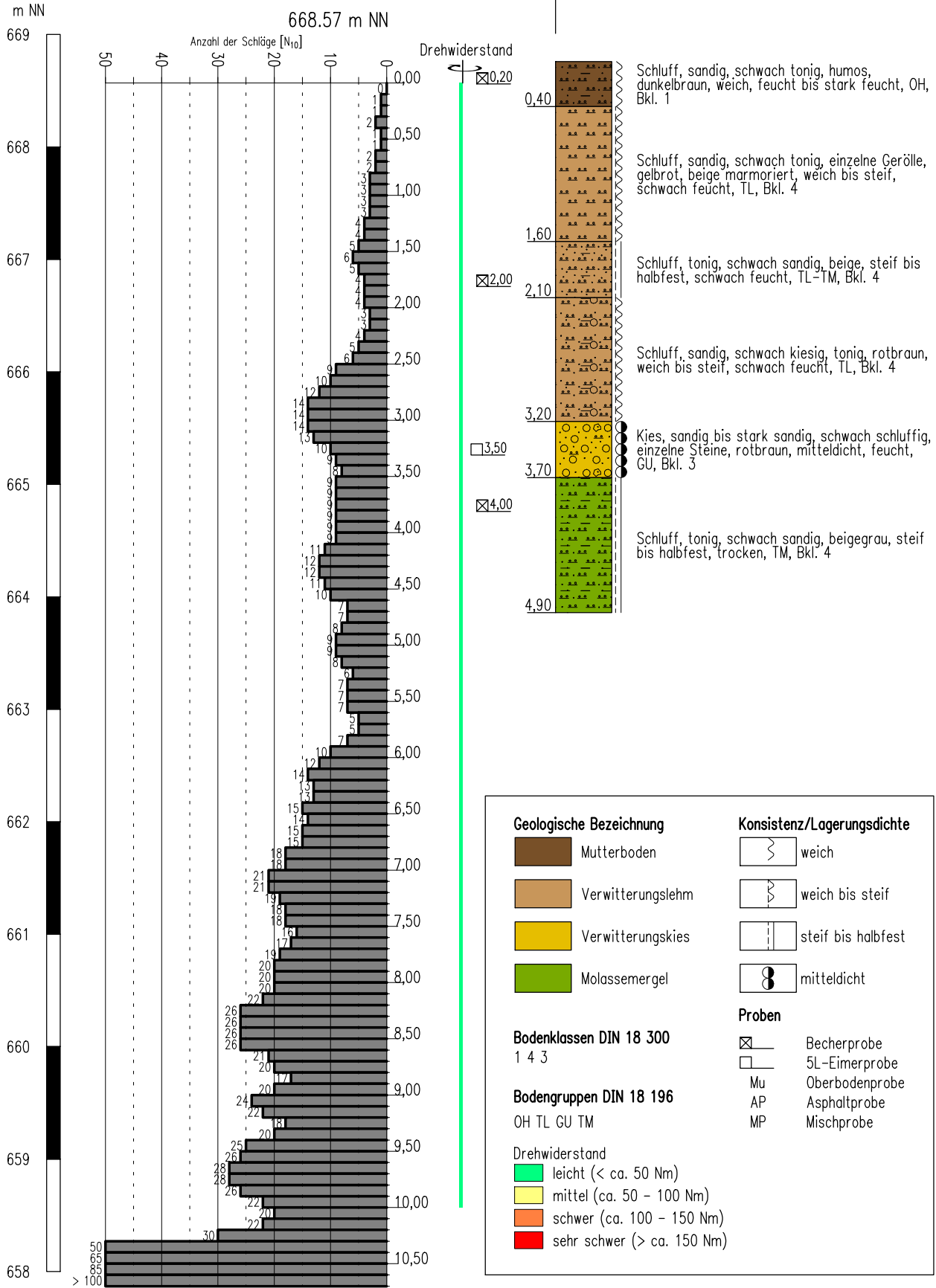
Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

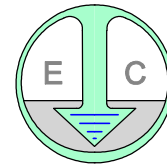
SG4/21

668.76 m NN

DPH4/21

668.57 m NN

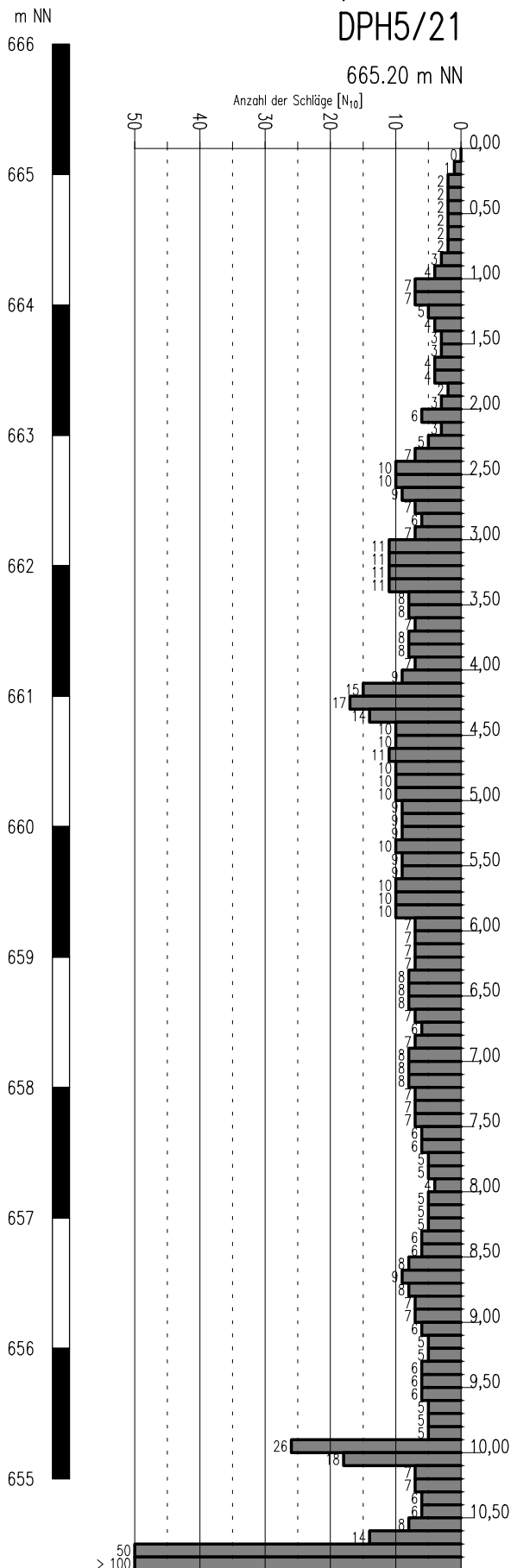




Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50
DPH5/21

SG5/21

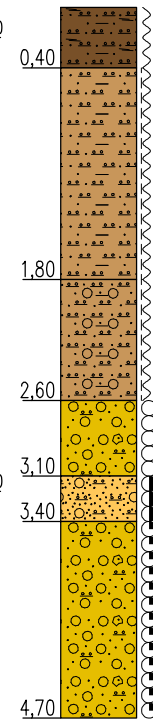
665.35 m NN



Drehwiderstand

0,20

3,20



Schluff, sandig, schwach tonig, humos, dunkelbraun, weich, feucht, OH, Bkl. 1

Schluff, sandig, schwach tonig, gelbbrot, beige marmoriert, weich bis steif, schwach feucht, TL, Bkl. 4

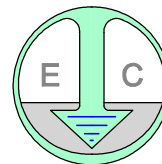
Schluff, sandig, schwach kiesig bis kiesig, schwach tonig, rotbraun, weich bis steif, schwach feucht, TL, Bkl. 4

Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig, einzelne Steine, rotbraun, locker, schwach feucht, GU, Bkl. 3

Sand, schluffig, einzelne Gerölle, rotbraun, mitteldicht, schwach feucht, SU*, Bkl. 4

Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig, einzelne Steine, rotbraun, locker bis mitteldicht, feucht, GU, Bkl. 3

Geologische Bezeichnung		Konsistenz/Lagerungsdichte	
	Mutterboden		weich
	Verwitterungslehm		weich bis steif
	Verwitterungskies		locker
	Verwitterungssand		mitteldicht
			locker bis mitteldicht
Bodenklassen DIN 18 300			
1 4 3			
Bodengruppen DIN 18 196			
OH TL GU SU*			
Drehwiderstand			
	leicht (< ca. 50 Nm)		Becherprobe
	mittel (ca. 50 – 100 Nm)		Mu Oberbodenprobe
	schwer (ca. 100 – 150 Nm)		AP Asphaltprobe
	sehr schwer (> ca. 150 Nm)		MP Mischprobe



Rammdiagramm und Schichtsäule

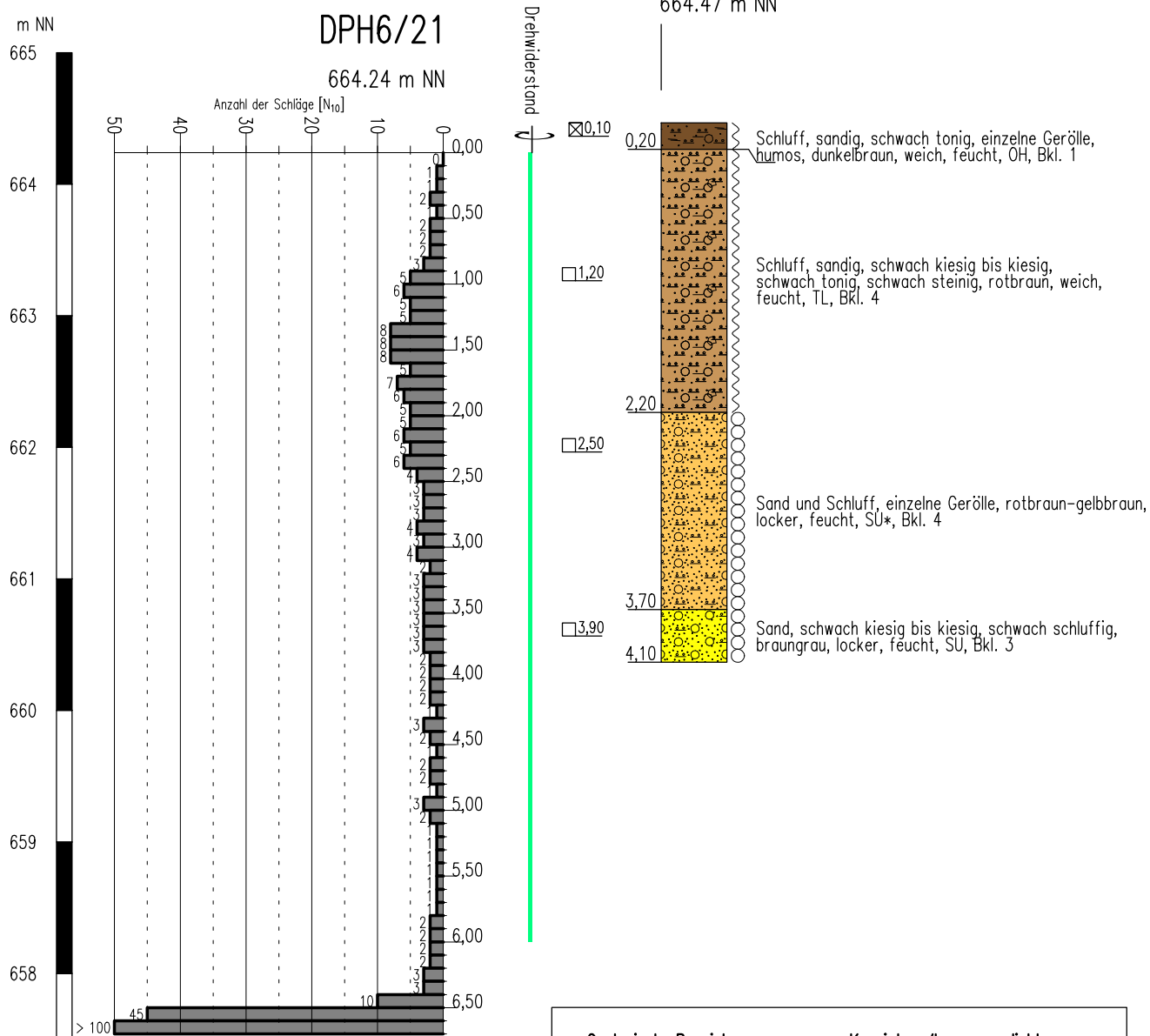
Maßstab d. H. 1:50

SG6/21

664.47 m NN

DPH6/21

664.24 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungssand
- Schmelzwassersand

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4 3

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL SU* SU

Konsistenz/Lagerungsdichte

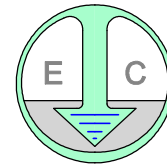
- weich
- locker

Proben

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe
- Oberbodenprobe
- Asphaltprobe
- Mischprobe

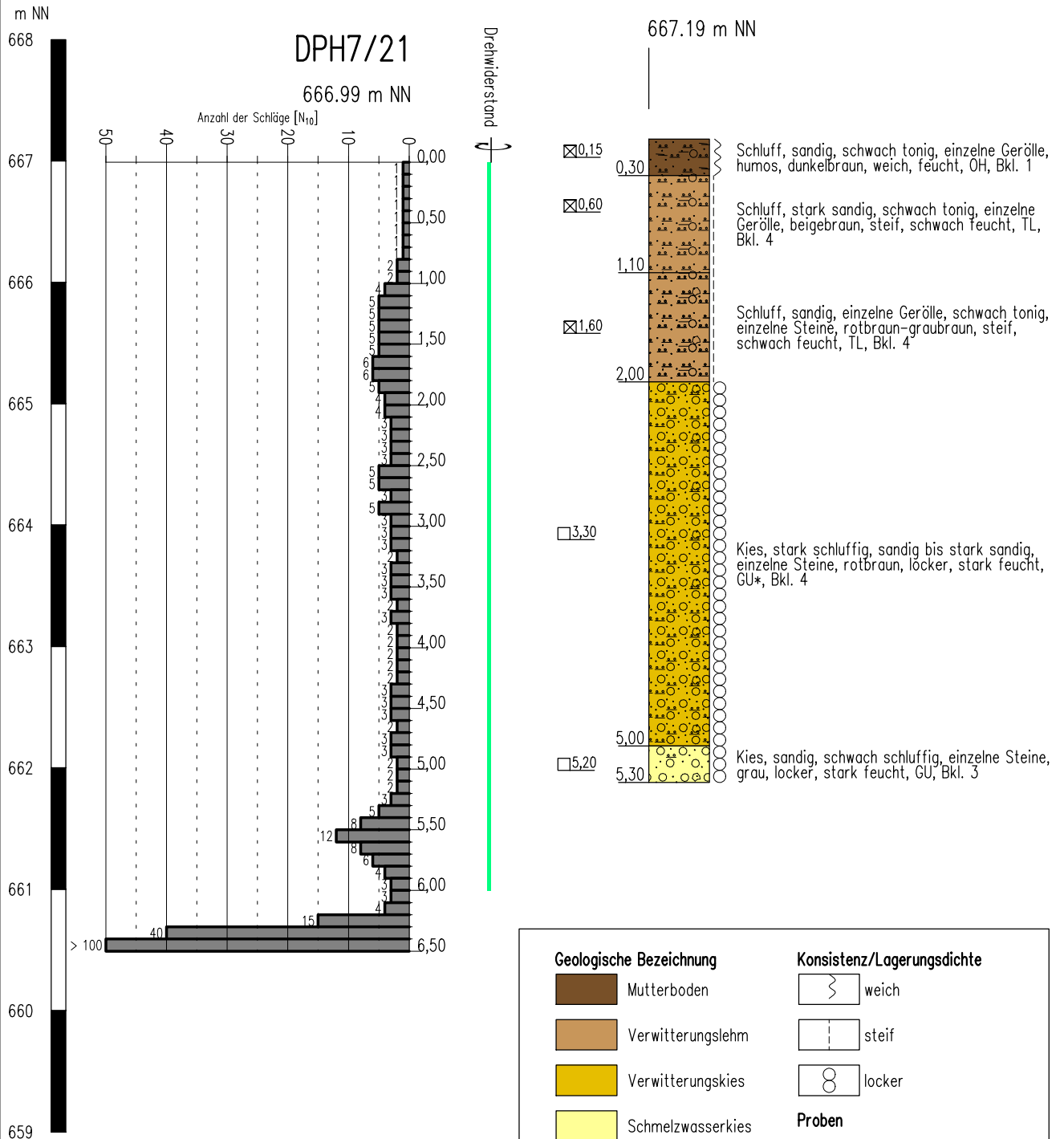
Drehwiderstand

- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 – 100 Nm)
- schwer (ca. 100 – 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)



Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG7/21



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Schmelzwasserkies

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- steif
- locker

Proben

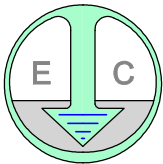
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

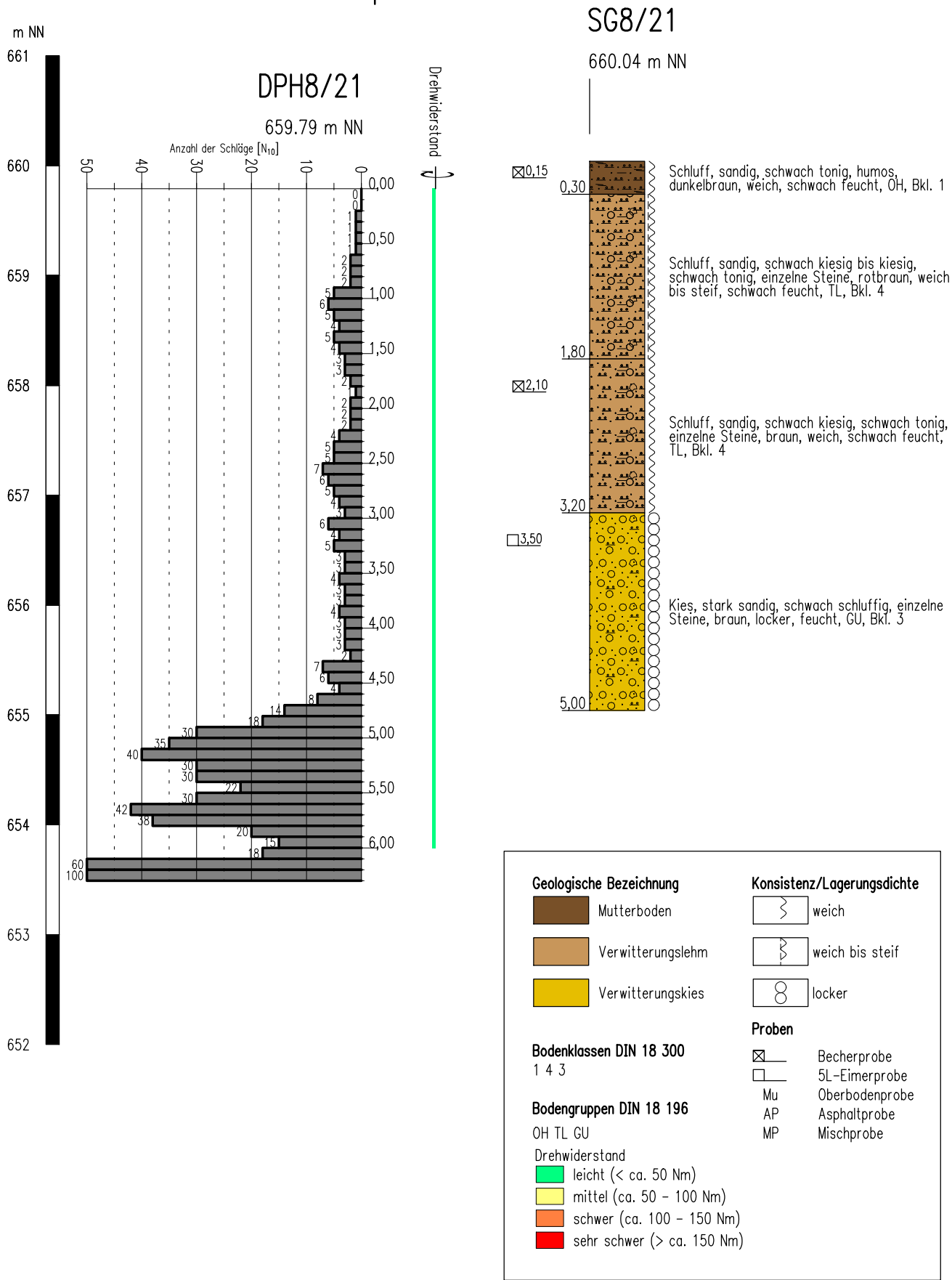
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU* GU

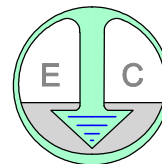
Drehwiderstand

- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)



Rammdiagramm und Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

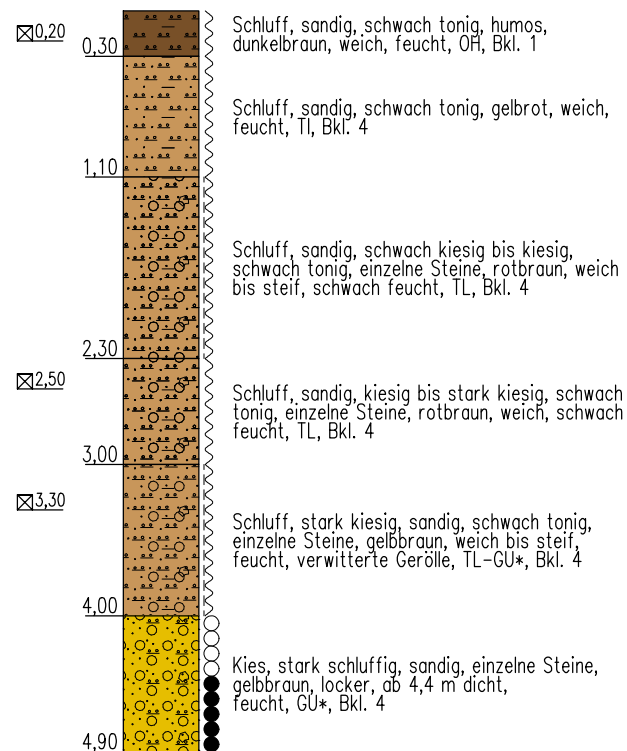
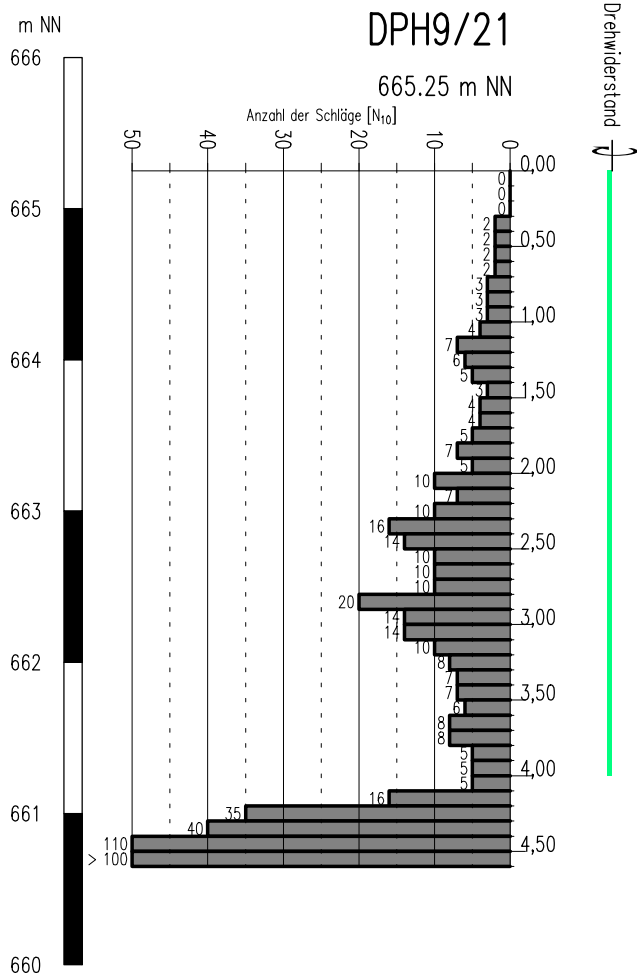




Rammdiagramm und Schichtsäule Maßstab d. H. 1:50

SG9/21

665.53 m NN



Geologische Bezeichnung

	Mutterboden
	Verwitterungslehm
	Verwitterungskies

Konsistenz/Lagerungsdichte

	weich
	weich bis steif
	locker
	dicht

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 4

Bodengruppen DIN 18 196

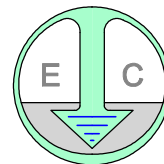
OH TI TL TL-GU*

Drehwiderstand

	leicht (< ca. 50 Nm)
	mittel (ca. 50 - 100 Nm)
	schwer (ca. 100 - 150 Nm)
	sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Proben

	Becherprobe
Mu	Oberbodenprobe
AP	Asphaltprobe
MP	Mischprobe



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG10/21

m NN

673

672

671

670

669

668

667

672.08 m NN

☒ 0,20

0,40

Schluff, sandig, schwach tonig, einzelne Gerölle, humos, dunkelbraun, weich, feucht, vereinzelt Ziegelbruch, OH, Bkl. 1

1,50

☒ 1,80

2,10

Schluff, sandig, tonig, einzelne Gerölle, rotgelb, beige marmoriert, weich bis steif, feucht, TL, Bkl. 4

Schluff, schwach kiesig, sandig schwach tonig, beigebraun, steif bis halbfest, schwach feucht, harte helle Bänder, TL, Bkl. 4

3,80

☐ 4,20

4,40

Schluff, schwach kiesig bis kiesig, sandig, schwach tonig, rotbraun, weich bis steif, schwach feucht, TL, Bkl. 4

Schluff und Kies, sandig, schwach tonig, schwach steinig, graubraun, steif bis halbfest, trocken, TL/GU*, Bkl. 4

Geologische Bezeichnung

-  Mutterboden
-  Verwitterungslehm
-  Geschiebemergel

Konsistenz/Lagerungsdichte

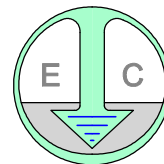
-  weich
-  weich bis steif
-  steif bis halbfest

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL/GU*

Proben

- ☒ Becherprobe
- ☐ 5L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG11/21

669.03 m NN

m NN
670

669

668

667

666

665

664

663

☒0,20

0,40

Schluff, schwach sandig, schwach tonig, humos, dunkelbraun, weich, feucht, OH, Bkl. 1

☒0,80

Schluff, sandig, tonig, einzelne Gerölle bis schwach kiesig, gelbrot, braun, beige marmoriert, steif bis halbfest, stark feucht, Sickerwasserzutritt bei 1,40 m, TL, Bkl. 4

1,40
18.05.2021

1,40

☒1,80

Schluff, schwach sandig, tonig, beige, braun marmoriert, weich bis steif, schwach feucht, TL-TM, Bkl. 4

2,60

☒2,80

Schluff, schwach kiesig bis kiesig, schwach tonig, einzelne Steine, sandig, rotbraun, weich bis steif, schwach feucht, TL, Bkl. 4

3,70

☒4,00

Kies, sandig, schwach schluffig, einzelne Steine, rotbraun, schwach feucht, GU, Bkl. 3

4,70

☒4,90

5,00

Sand, schwach schluffig, gelb, schwach feucht, Glimmerschuppen, SU, Bkl. 3

Geologische Bezeichnung

-  Mutterboden
-  Verwitterungslehm
-  Verwitterungskies
-  Molassesand

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL-TM TL GU SU

Konsistenz/Lagerungsdichte

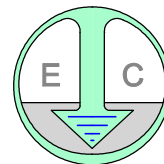
-  weich
-  steif bis halbfest
-  weich bis steif

Proben

- ☒ — Becherprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Grundwasser

-  Sickerwasserzutritt

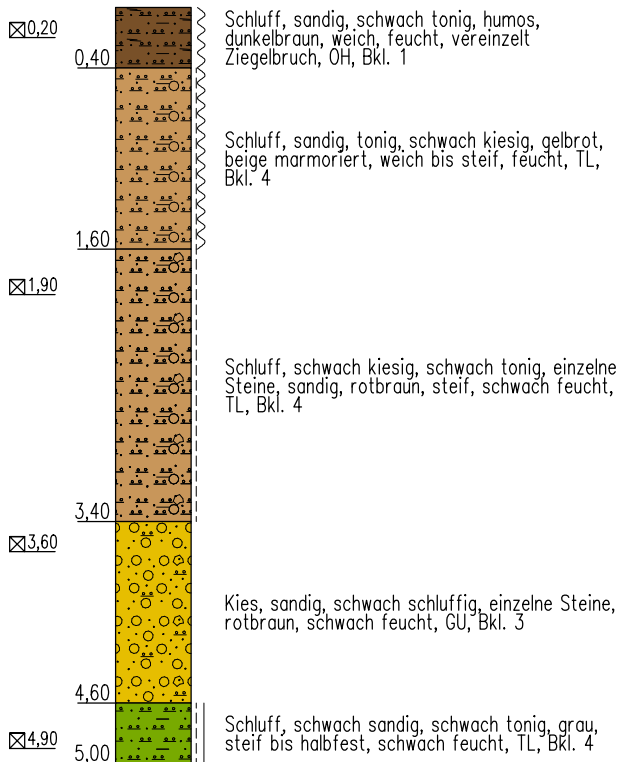


Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG12/21

666.64 m NN

m NN



Geologische Bezeichnung

	Mutterboden
	Verwitterungslehm
	Verwitterungskies
	Molassemergel

Konsistenz/Lagerungsdichte

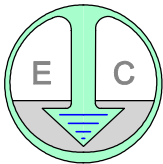
	weich
	weich bis steif
	steif
	steif bis halbfest

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU

Proben

	Becherprobe
Mu	Oberbodenprobe
AP	Asphaltprobe
MP	Mischprobe



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG13/21

668.28 m NN

m NN

669

668

667

666

665

664

663

662

0,20

0,35

0,70

2,10

2,50

3,20

3,50

4,90

Schluff, sandig, schwach tonig, einzelne Gerölle,
humos, dunkelbraun, weich, feucht, sehr vereinzelt
Ziegelbruch, OH, Bkl. 1

Schluff, sandig, tonig, einzelne Gerölle, gelbrot,
beige marmoriert, steif, schwach feucht,
TL, Bkl. 4

Schluff, schwach kiesig, sandig, schwach tonig,
einzelne Steine, rotbraun, weich bis steif,
feucht, TL, Bkl. 4

Kies, sandig, schluffig, einzelne Steine,
rotbraun, feucht, GU*, Bkl. 4

Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4

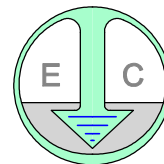
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU*

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- steif
- weich bis steif

Proben

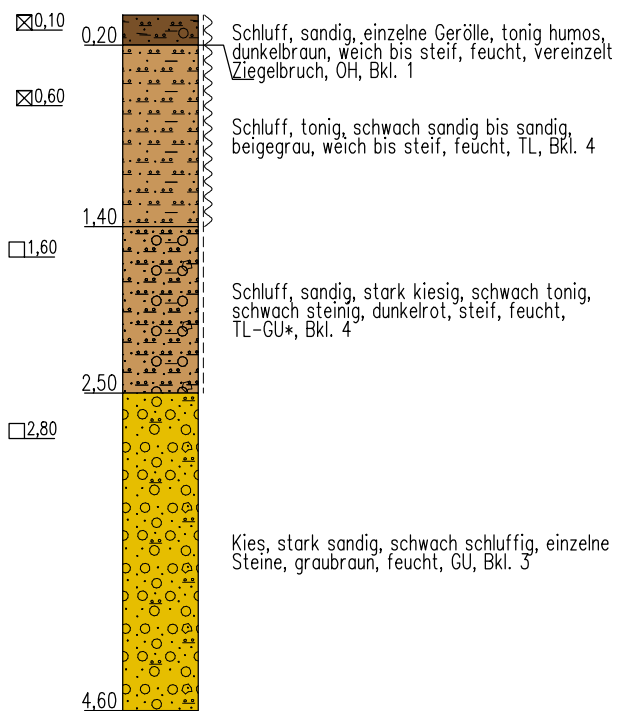
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe
- Oberbodenprobe
- Asphaltprobe
- Mischprobe



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG14/21

666.64 m NN



Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

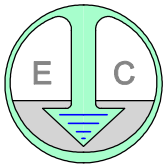
Bodengruppen DIN 18 196
OH TL TL-GU* GU

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich bis steif
- halbfest

Proben

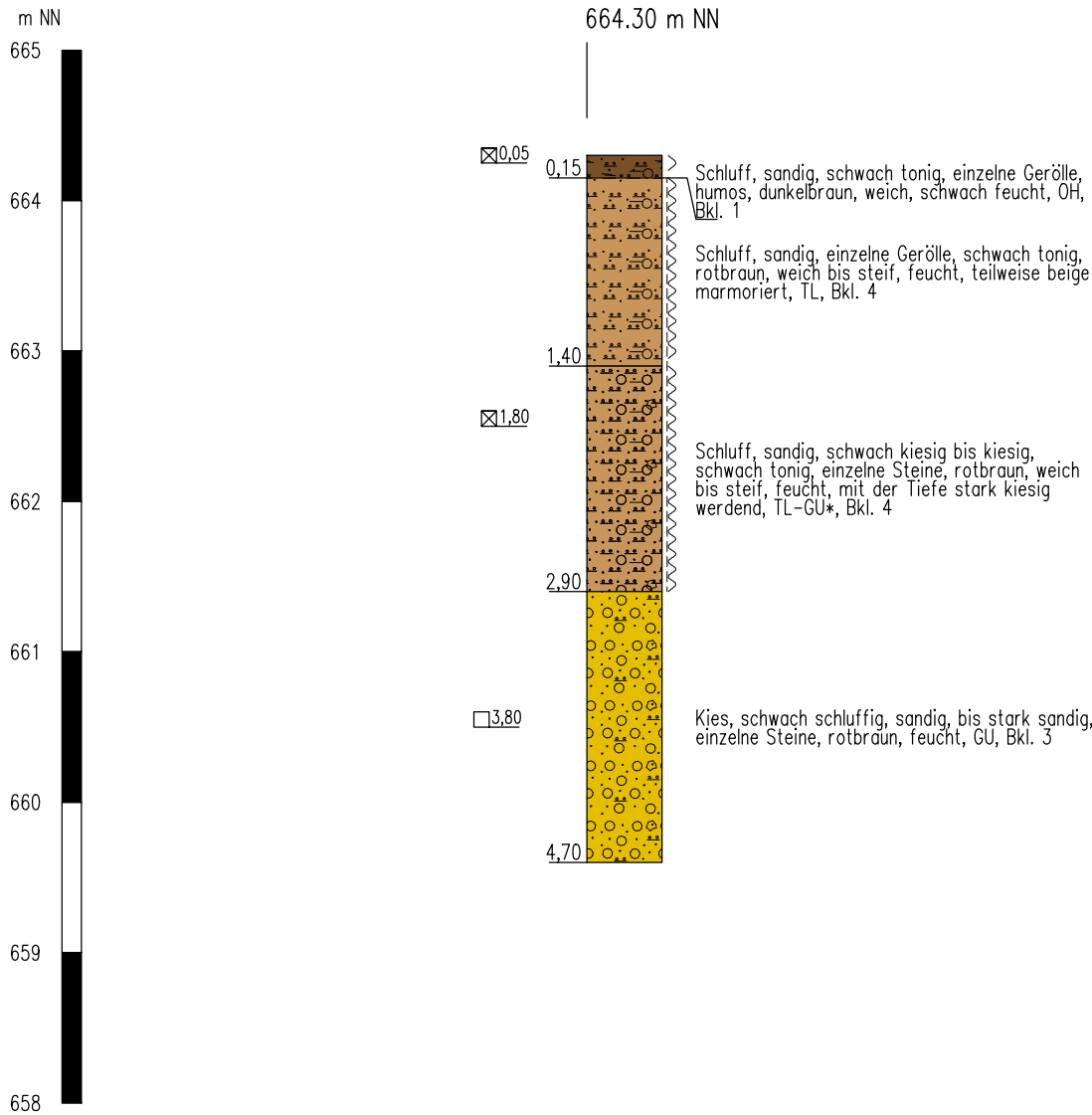
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe



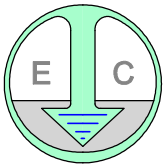
Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG15/21

664.30 m NN



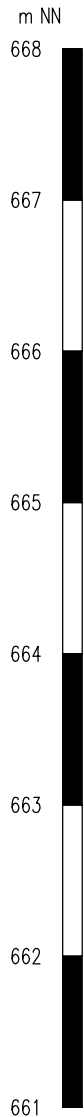
Geologische Bezeichnung		Konsistenz/Lagerungsdichte	
	Mutterboden		weich
	Verwitterungslehm		weich bis steif
	Verwitterungskies	Proben	
Bodenklassen DIN 18 300 1 4 3			Becherprobe
			5L-Eimerprobe
		Mu	Oberbodenprobe
		AP	Asphaltprobe
Bodengruppen DIN 18 196 OH TL TL-GU* GU		MP	Mischprobe



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG16/21

666.93 m NN



☒0,15

0,30

1,00

5,00

Schluff, sandig, schwach tonig, humos,
dunkelbraun, weich, feucht, vereinzelt
Ziegelbruch, OH, Bkl. 1
Schluff, sandig, schwach tonig, einzelne Gerölle,
gelbrot, beige marmoriert, weich, schwach feucht,
TL, Bkl. 4

Schluff, sandig, schwach kiesig bis kiesig,
schwach tonig, einzelne Steine, einzelne Blöcke,
rotbraun, steif, schwach feucht, TL, Bkl. 4

Geologische Bezeichnung

- Mutterboden
- Verwitterungslehm

Konsistenz/Lagerungsdichte

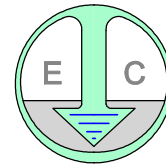
- weich
- steif

Bodenklassen DIN 18 300
1 4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL

Proben

- ☒ Becherprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe



Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

SG17/21

661.88 m NN

m NN

663

662

661

660

659

658

657

656

☒0,15

0,30

Schluff, sandig, schwach tonig, humos,
dunkelbraun, weich, feucht, OH, Bkl. 1

0,90

Schluff, sandig, schwach tonig, grau gelb, weich,
schwach feucht, TL, Bkl. 4

☒1,50

3,70

Schluff, kiesig, sandig, schwach steinig, schwach
tonig, braunrot, steif, feucht, zur Tiefe hin
weicher werdend, TL, Bkl. 4

5,10

Kies, schwach schluffig bis schluffig, sandig,
einzelne Steine, rotbraun, feucht, GU-GU*,
Bkl. 3-4

Geologische Bezeichnung



Mutterboden



Verwitterungslehm



Verwitterungskies

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 3-4

Bodengruppen DIN 18 196

OH TL GU-GU*

Konsistenz/Lagerungsdichte



weich



steif

Proben



Becherprobe

Mu

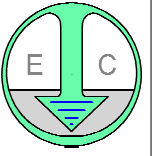
Oberbodenprobe

AP

Asphaltprobe

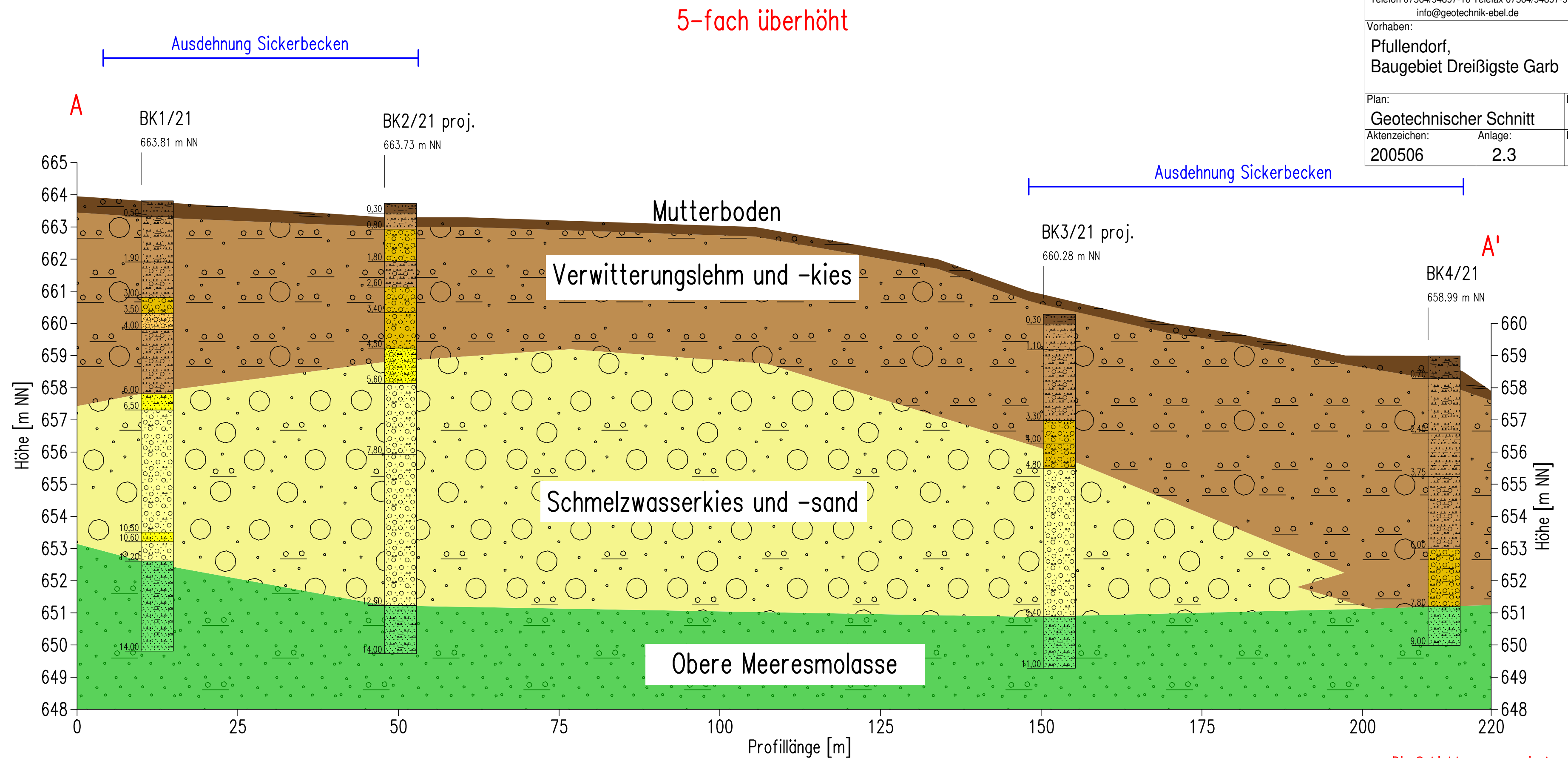
MP

Mischprobe



Vorhaben:
**Pfullendorf,
Baugebiet Dreißigste Garb**

Plan:	Maßstab d. H.: 1:100	
Geotechnischer Schnitt		Maßstab d. L.: 1:500
Aktenzeichen:	Anlage:	
200506	2.3	



Die Schichtgrenzen zwischen den
direkten Aufschlüssen sind vermutet.



Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 durch Ofentrocknung

Nr.	Aufschluss	Tiefe [m u. Gel]	Wassergehalt [Massen-%]	Benennung
1	BK3/21	1,0	24,1	Verwitterungslehm
2	BK3/21	2,0	21,0	Verwitterungslehm
3	BK3/21	3,0	18,2	Verwitterungslehm
4	SG6/21	1,2	17,8	Verwitterungslehm
5	SG6/21	2,5	20,2	Verwitterungssand
6	SG9/21	2,5	19,5	Verwitterungslehm
7	SG9/21	3,3	19,2	Verwitterungslehm
8	SG11/21	0,8	20,8	Verwitterungslehm
9	SG11/21	1,8	17,2	Verwitterungslehm
10	SG11/21	2,8	17,1	Verwitterungslehm
11	SG13/21	0,7	18,3	Verwitterungslehm
12	SG13/21	2,5	18,7	Verwitterungslehm

SG: Baggerschürfgrube

BK: Rammkernbohrung

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Pfullendorf

Baugebiet Dreißigste Garb

Bearbeiter: B. Fl.

Datum: 08.-09.06.2021

Prüfungsnummer:

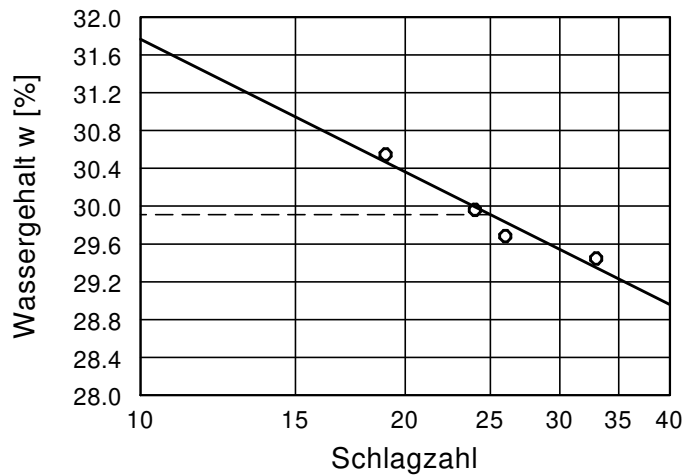
Entnahmestelle: SG11/21

Tiefe: 0,8 m

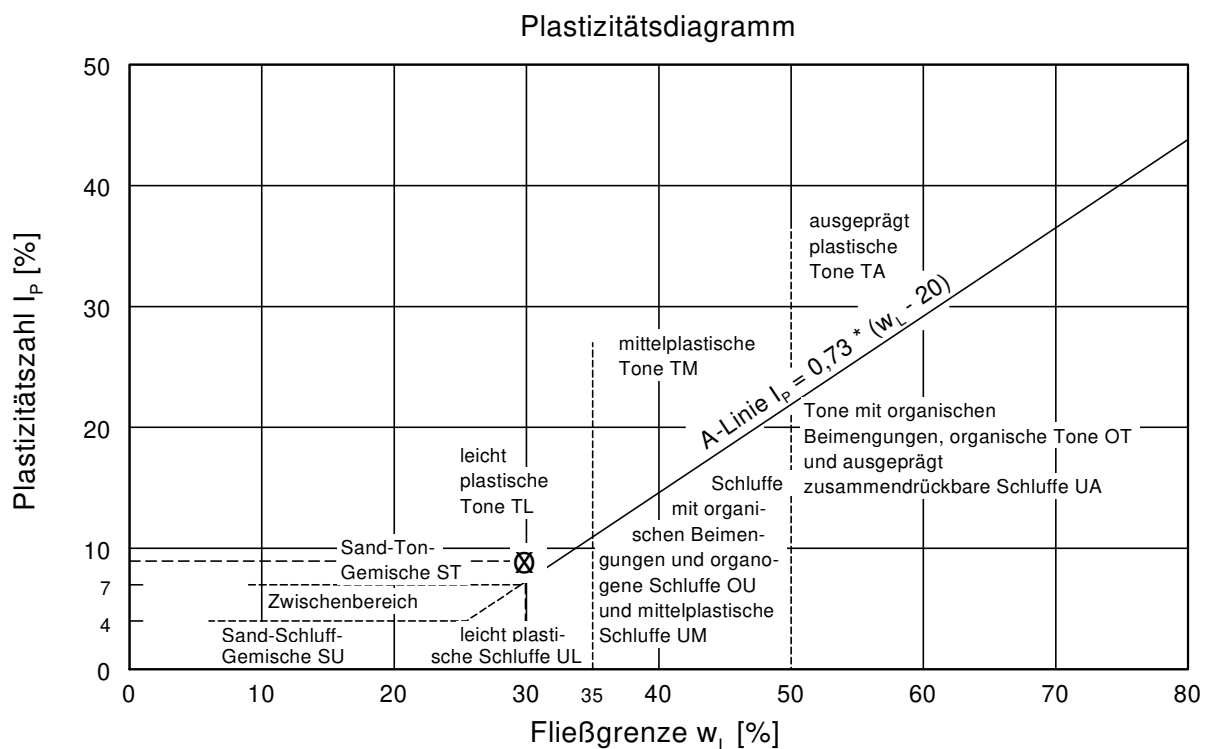
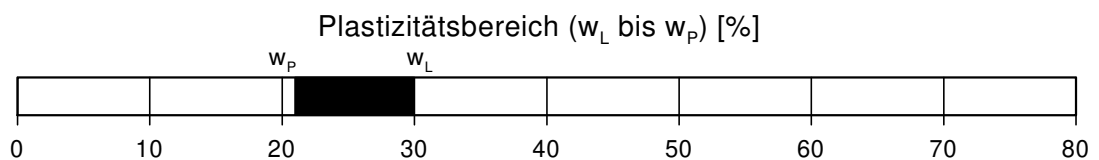
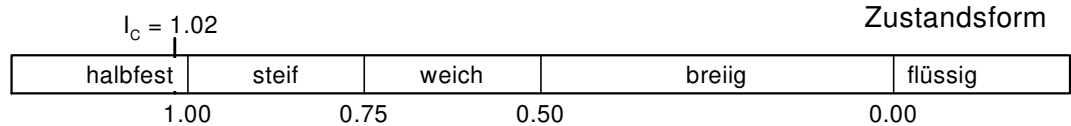
Art der Entnahme: Becherprobe

Bodenart: Verwitterungslehm

Probe entnommen am: 18.-19.05.2021



Wassergehalt $w = 20.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 21.0 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 8.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.02$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Pfullendorf

Baugebiet Dreißigste Garb

Bearbeiter: B. Fl.

Datum: 08.-09.06.2021

Prüfungsnummer:

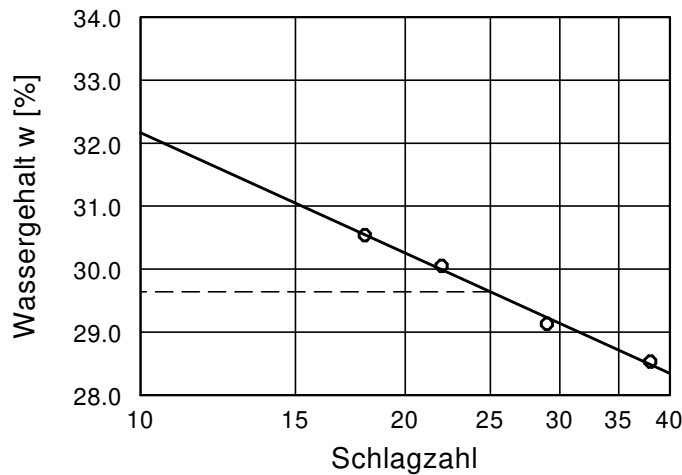
Entnahmestelle: SG13/21

Tiefe: 0,7 m

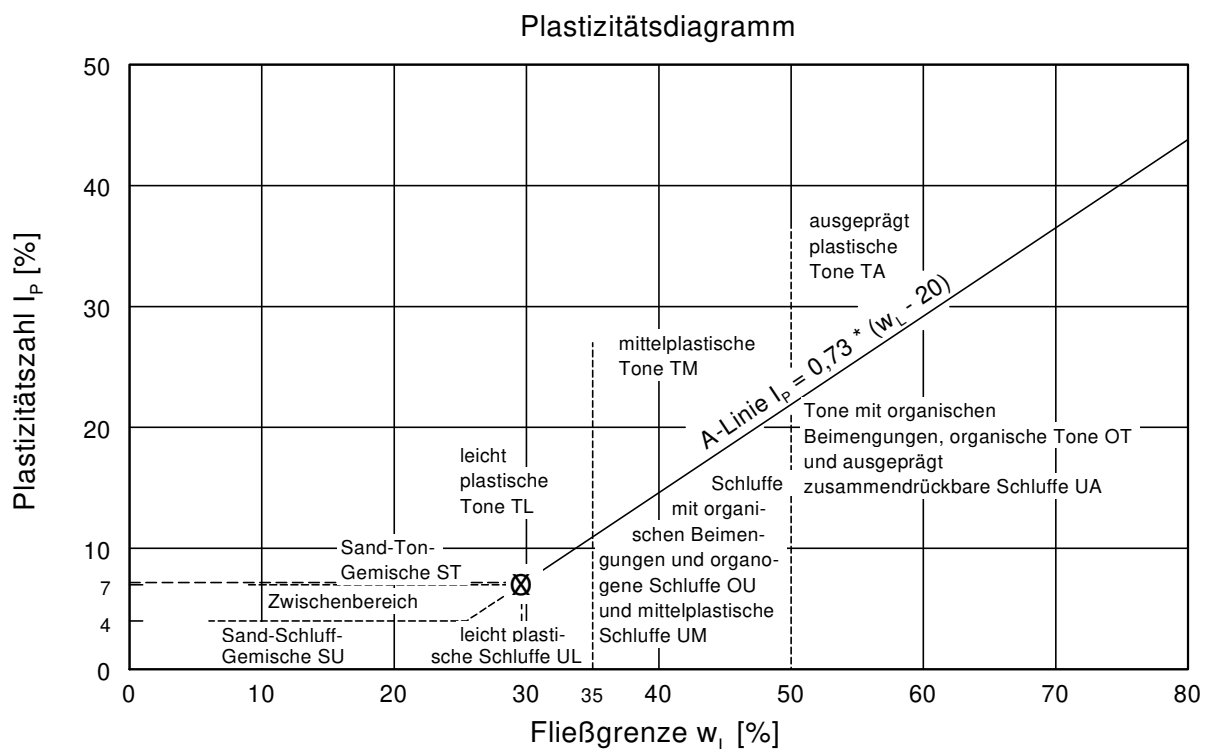
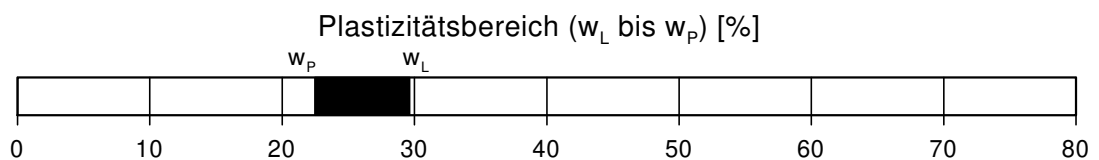
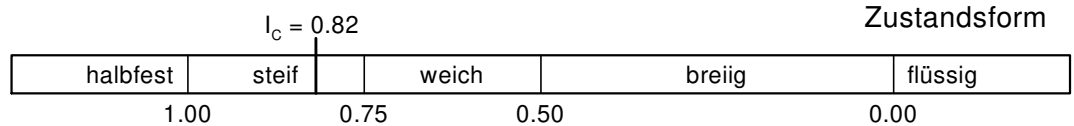
Art der Entnahme: Becherprobe

Bodenart: Verwitterungslehm

Probe entnommen am: 18.-19.05.2021



Wassergehalt $w = 18.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 22.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 7.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.82$
 Anteil Überkorn $\ddot{u} = 24.0 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} = 1.0 \%$
 Korrr. Wassergehalt $= 23.8 \%$



Dr. Ebel & Co.

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
Bad Wurzach - Arnach

Bearbeiter: Floeth

Datum: 08.-09.06.2021

Körnungslinie nach DIN 18123

Pfullendorf

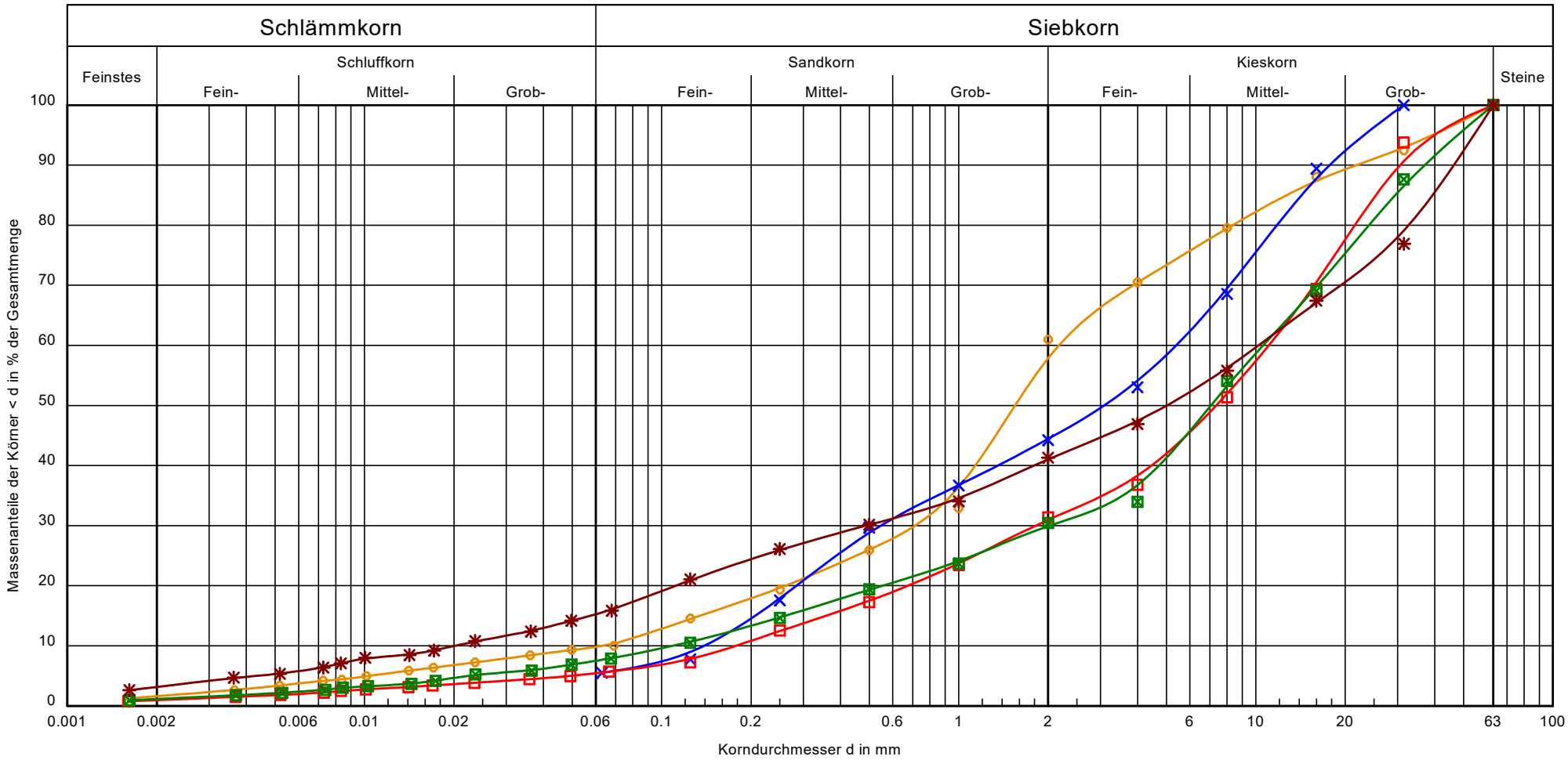
Baugebiet Dreißigste Garb

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 17.-18.05.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb- / Schlämmanalyse



Entnahmestelle:	BK1/21	BK2/21	BK2/21	BK3/21	BK4/21
Tiefe	6,5+8,5 m	6,0+7,5 m	9,0+11,0 m	6,0+8,0 m	6,0+7,5 m
Bezeichnung:	Schmelzwasserkies	Schmelzwasserkies	Schmelzwasserkies	Schmelzwasserkies	Verwitterungskies
Bodenart:	S, G, u'	G, s, "u-u	G, s, "u-u	G, s, "u	G, s, "u-u
k [m/s] (Beyer, abgeschätzt):	$2.4 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$	$7.1 \cdot 10^{-5}$	$2.4 \cdot 10^{-6}$
U/Cc:	34.4/3.7	38.8/0.4	62.2/1.7	97.1/3.5	507.5/1.2
T/U/S/G [%]:	1.6/8.4/47.9/42.1	- /5.5/38.9/55.6	1.0/4.6/25.4/69.0	1.2/6.5/22.2/70.1	3.2/12.4/25.5/59.0
Signatur:	—○—	—X—	—□—	—■—	—*—

Bemerkungen:

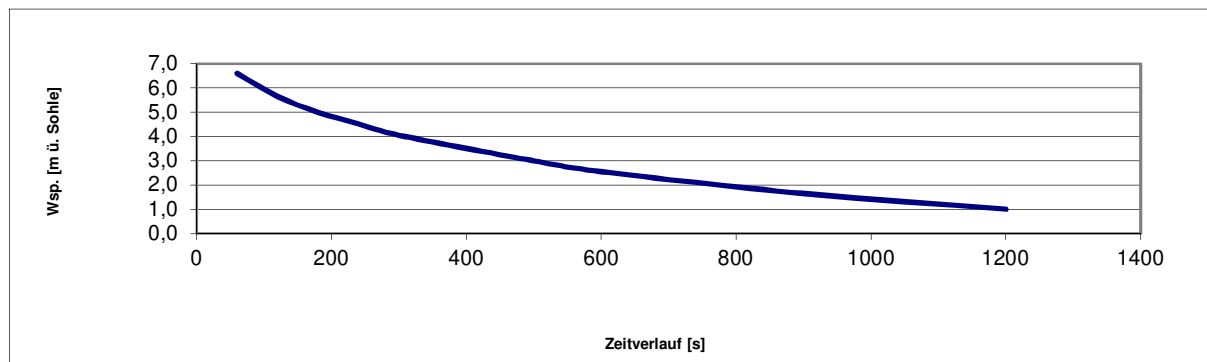
Bericht:
200506
Anlage:
3.3



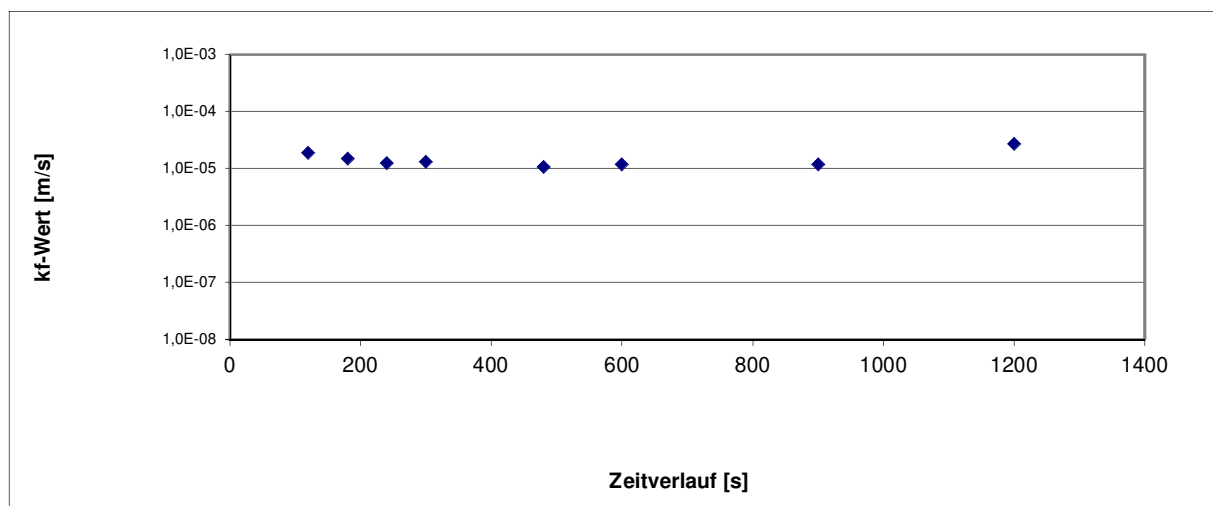
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV1/21	Bohrung	BK1/21
Versickerungstiefe:	6,5 m bis 8,5 m u. GOK	geprüfter Boden:	Schmelzwasserkies
Versuchsdatum:	18.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 1E-05$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

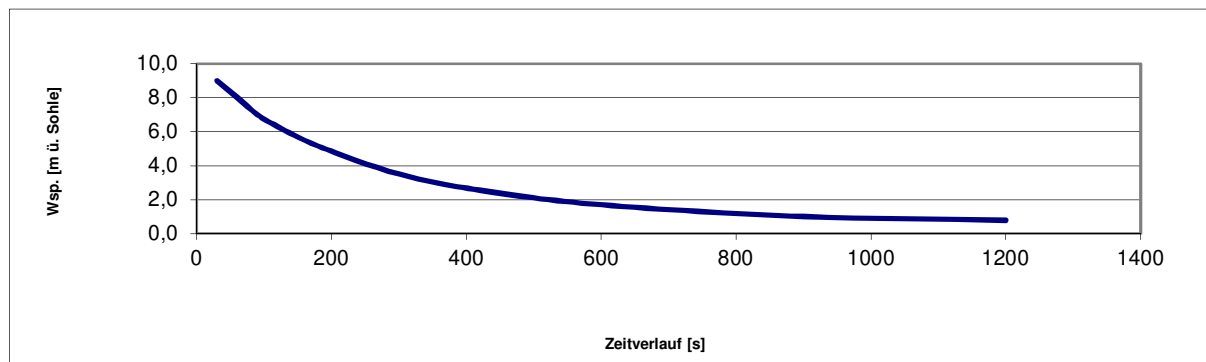
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁸	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



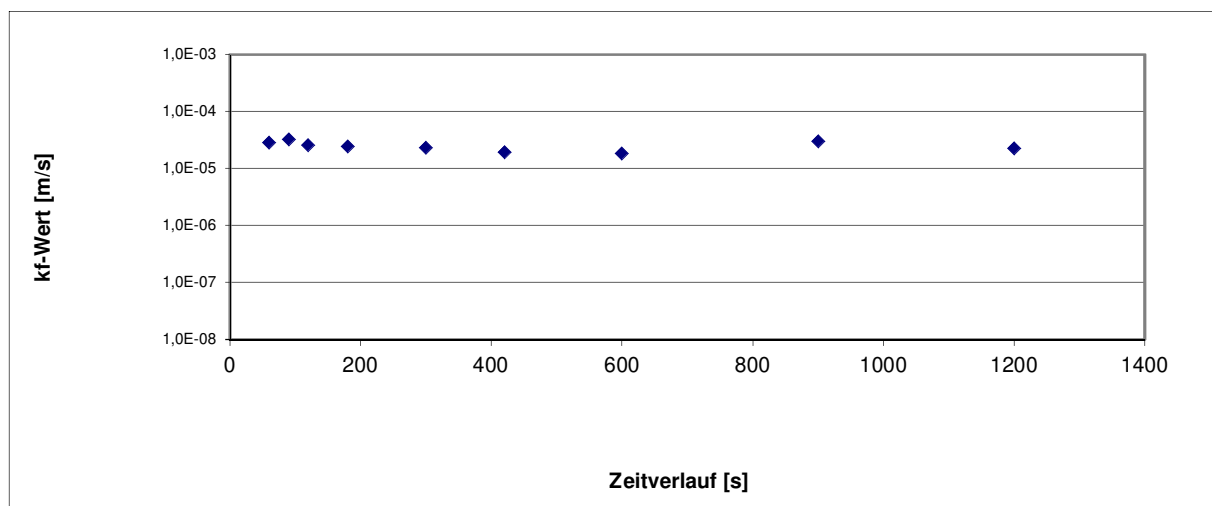
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV2/21	Bohrung	BK2/21
Versickerungstiefe:	8,5 m bis 10,5 m u. GOK	geprüfter Boden:	Schmelzwasserkies
Versuchsdatum:	18.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 2E-05$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

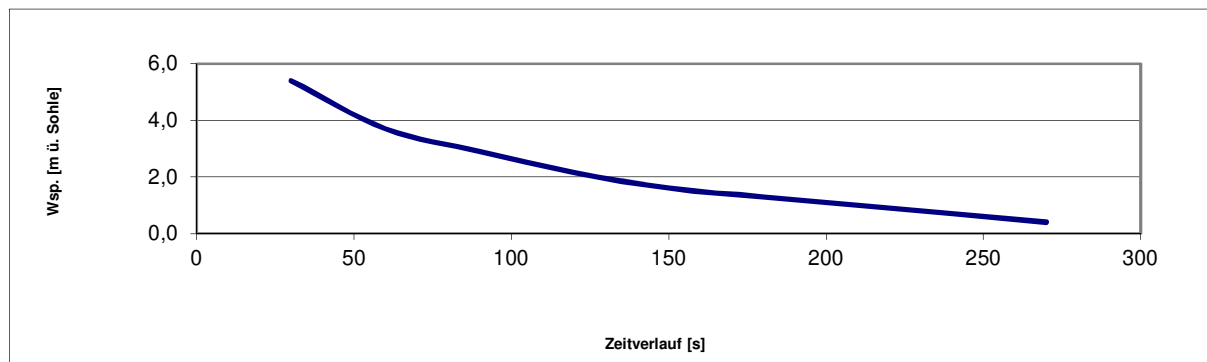
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



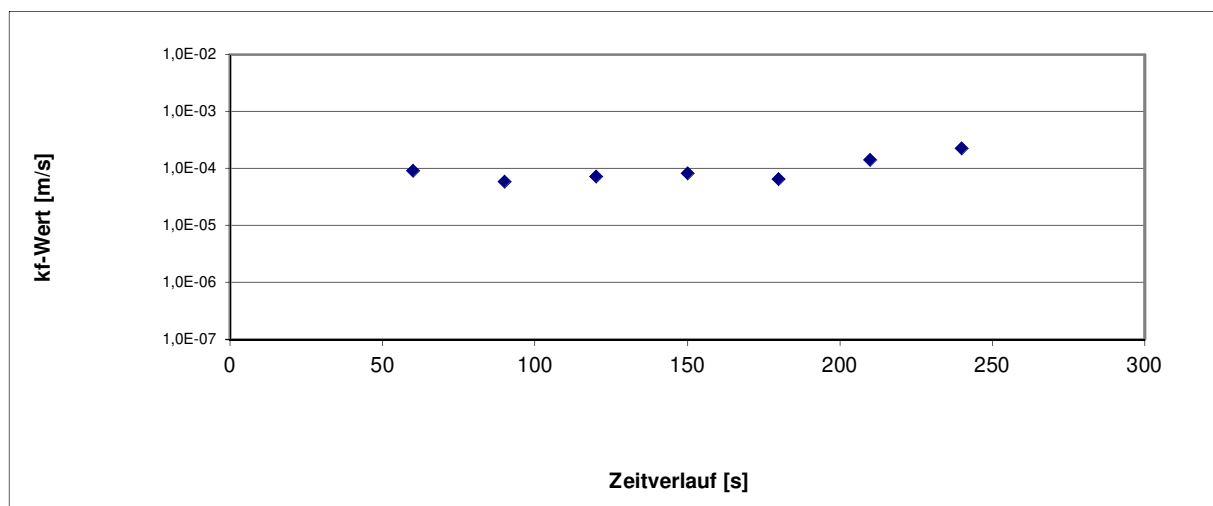
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV3/21	Bohrung	BK3/21
Versickerungstiefe:	5,0 m bis 7,0 m u. GOK	geprüfter Boden:	Schmelzwasserkies
Versuchsdatum:	17.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 1E-04$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

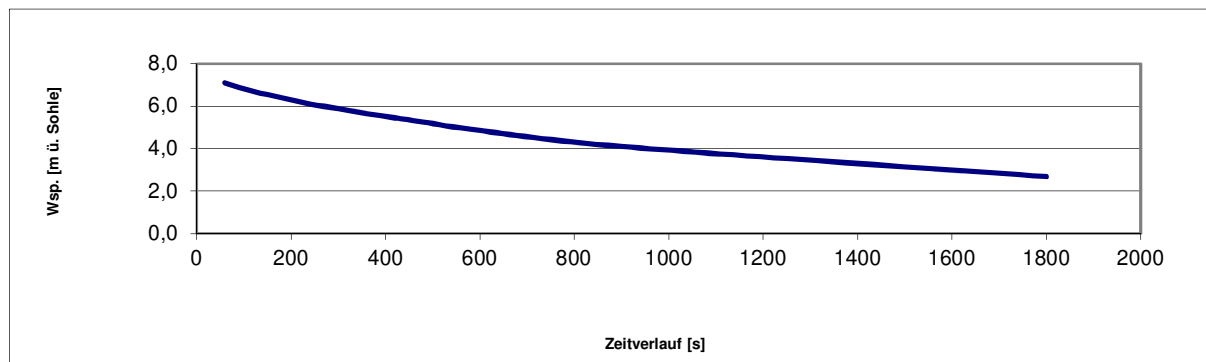
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



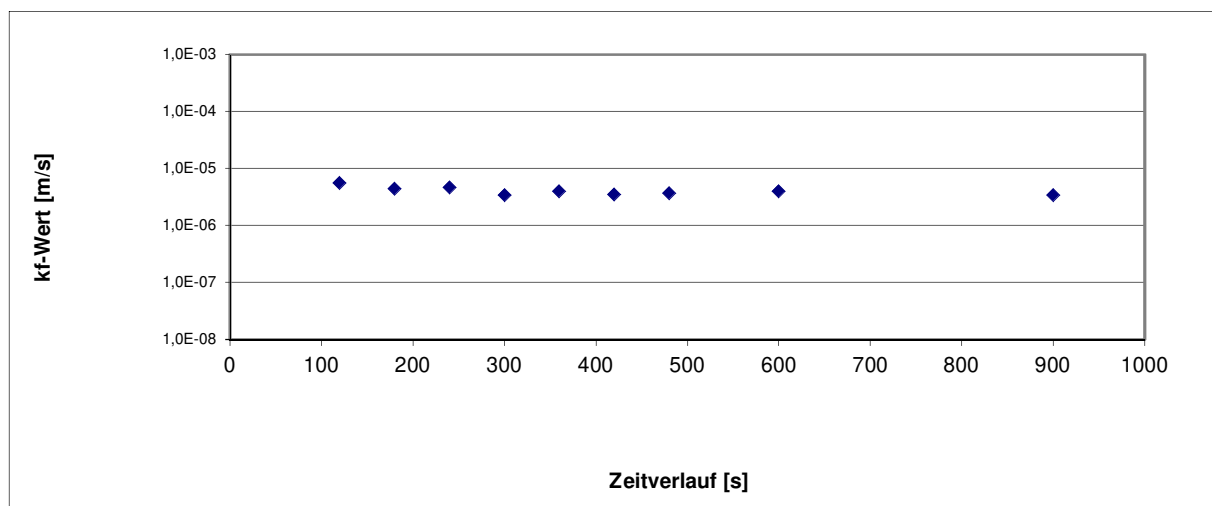
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV4/21	Bohrung	BK4/21
Versickerungstiefe:	5,0 m bis 7,8 m u. GOK	geprüfter Boden:	Verwitterungskies
Versuchsdatum:	17.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2,8 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 4E-06$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

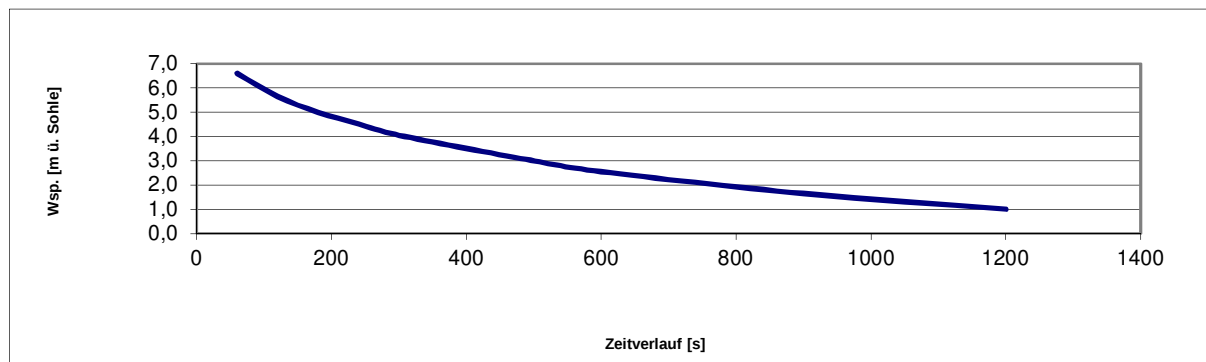
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



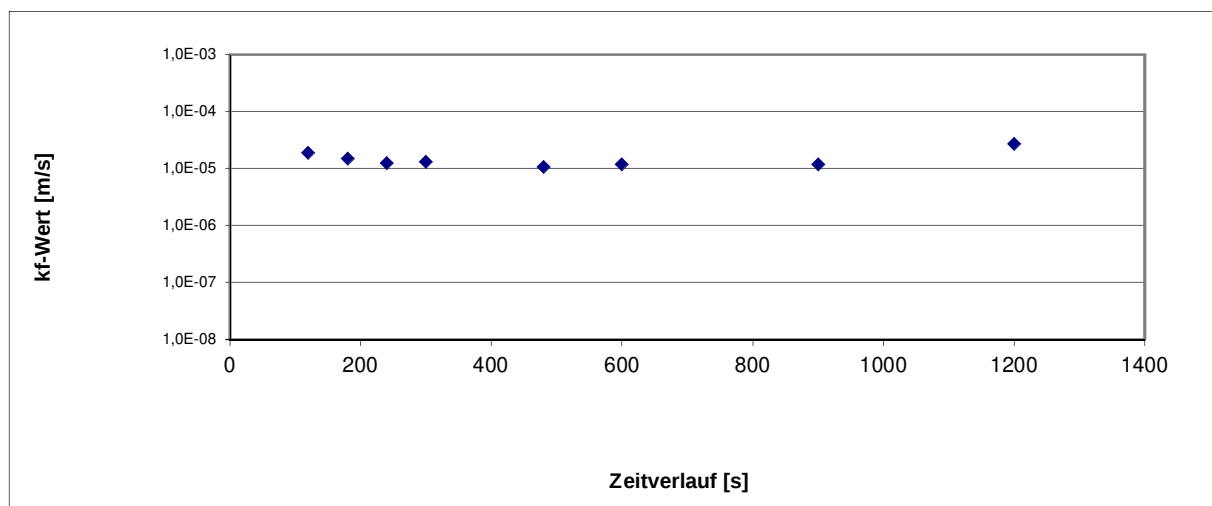
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV1/21	Bohrung	BK1/21
Versickerungstiefe:	6,5 m bis 8,5 m u. GOK	geprüfter Boden:	Schmelzwasserkies
Versuchsdatum:	18.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 1E-05$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

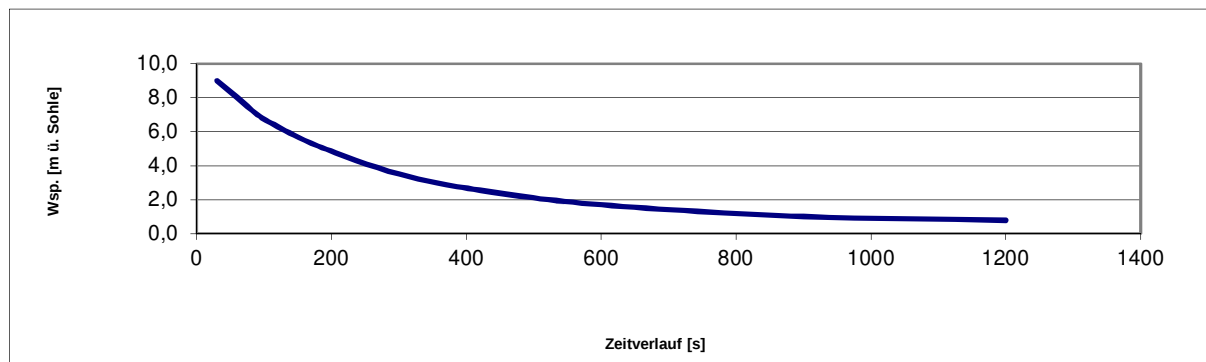
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



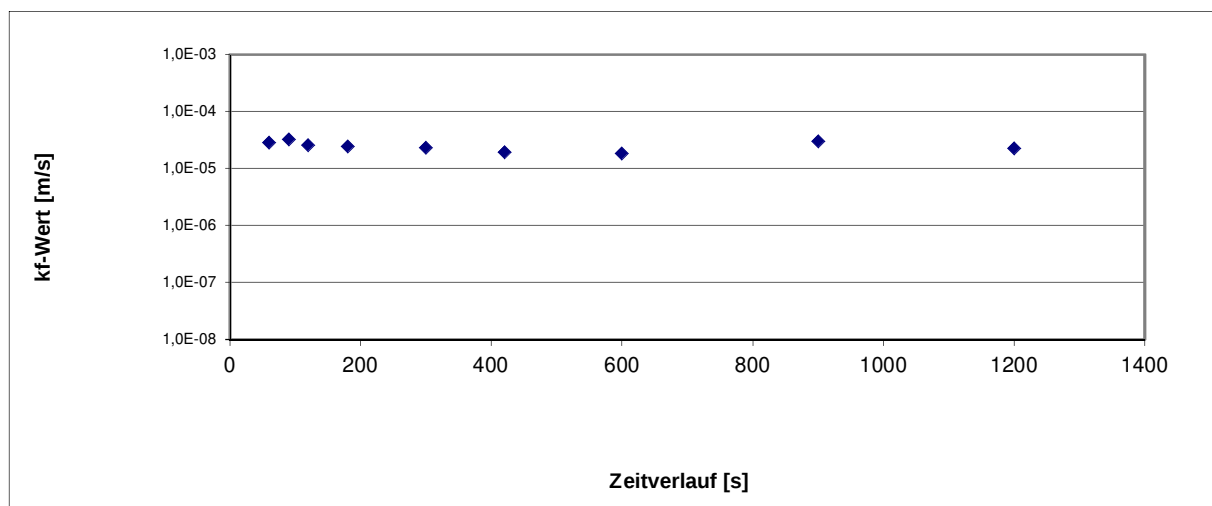
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV2/21	Bohrung	BK2/21
Versickerungstiefe:	8,5m bis 10,5m u. GOK	geprüfter Boden:	Schmelzwasserkies
Versuchsdatum:	18.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 2E-05$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

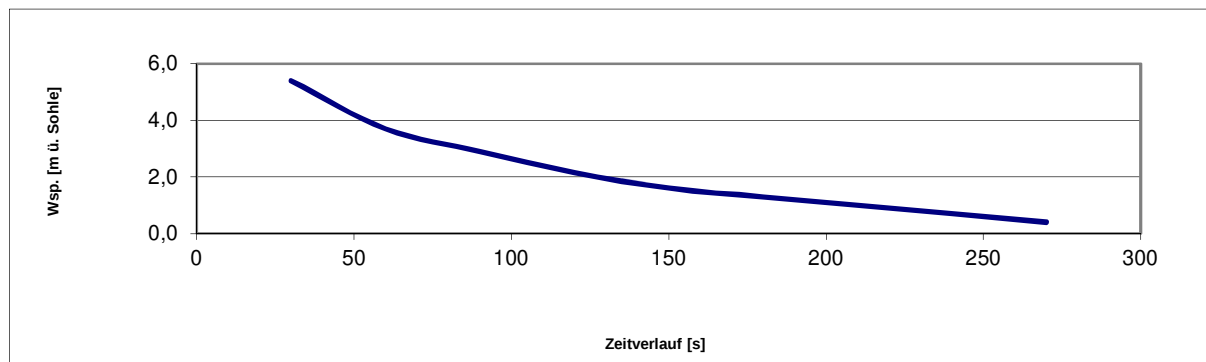
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



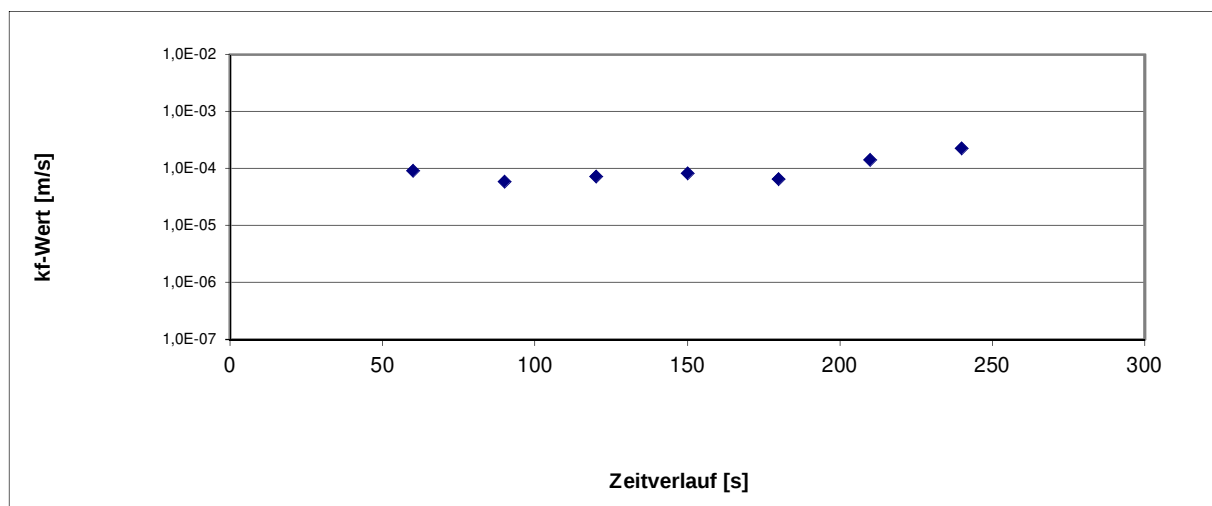
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV3/21	Bohrung	BK3/21
Versickerungstiefe:	5,0 m bis 7,0 m u. GOK	geprüfter Boden:	Schmelzwasserkies
Versuchsdatum:	17.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 1E-04$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

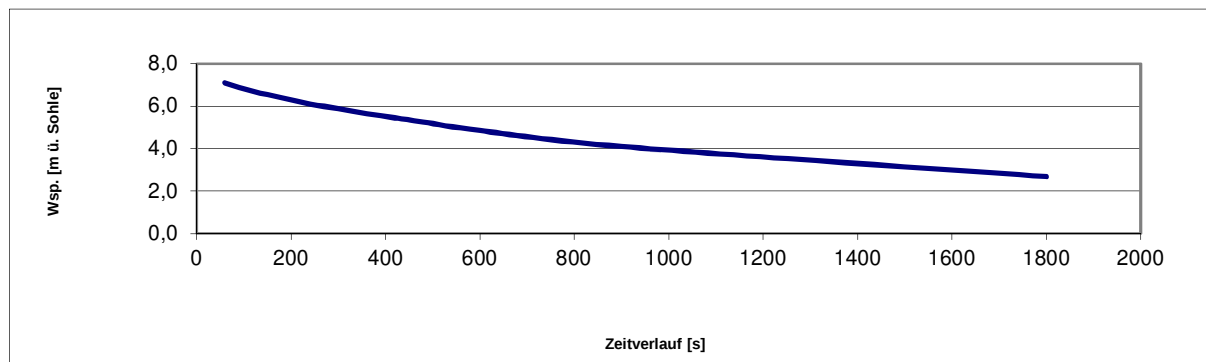
> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig



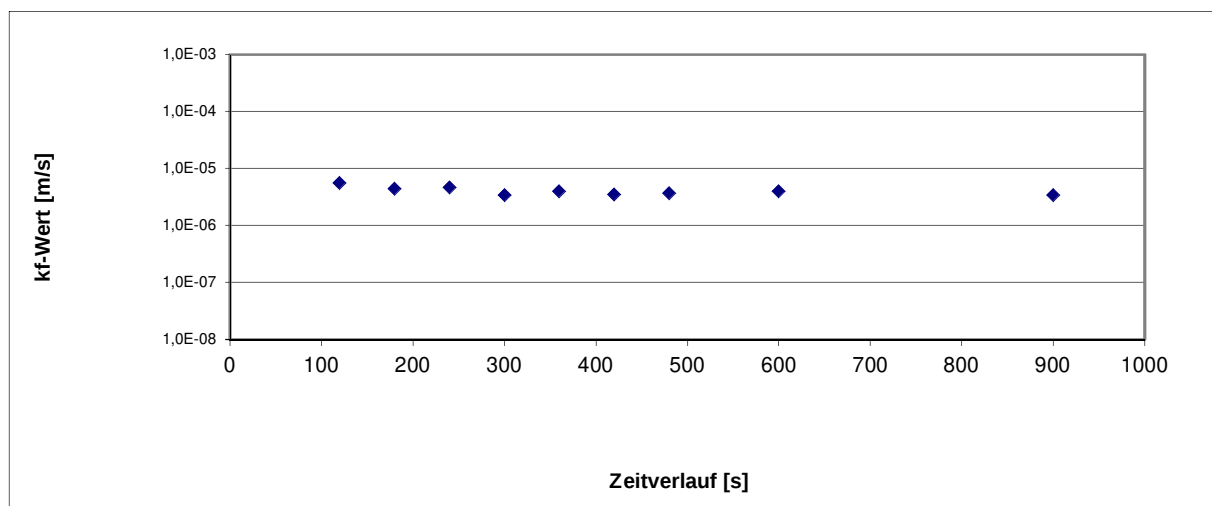
Auswertung eines Eingießversuches im Bohrloch Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Versuch-Nr.:	SV4/21	Bohrung	BK4/21
Versickerungstiefe:	5,0 m bis 7,8 m u. GOK	geprüfter Boden:	Verwitterungskies
Versuchsdatum:	17.05.2021	Bemerkungen:	Versickerung über Bohrlochsohle +2,8 m freie Bohrlochstrecke

Eingießversuch im zeitlichen Verlauf (Sondenmessung)



Auswertung nach USBR



Mittelwert: **$k_f = 4E-06$ m/s**

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 in m/s

> 10 ⁻²	sehr stark durchlässig
10 ⁻⁴ bis 10 ⁻²	stark durchlässig
10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁴	durchlässig
10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁶	schwach durchlässig
10 ⁻⁹ bis 10 ⁻⁹	sehr schwach durchlässig
< 10 ⁻⁹	nahezu völlig undurchlässig

Fotodokumentation Bohrkerne



BK1/21 0 – 6 m



BK1/21 6 – 12 m

Fotodokumentation Bohrkerne



BK1/21 12 – 14 m



BK2/21 0 – 6 m

Fotodokumentation Bohrkern



BK2/21 6 – 12 m



BK2/21 12 – 14 m

Fotodokumentation Bohrkern



BK3/21 0 – 6 m



BK3/21 6 – 11 m

Fotodokumentation Bohrkern



BK4/21 0 – 6 m

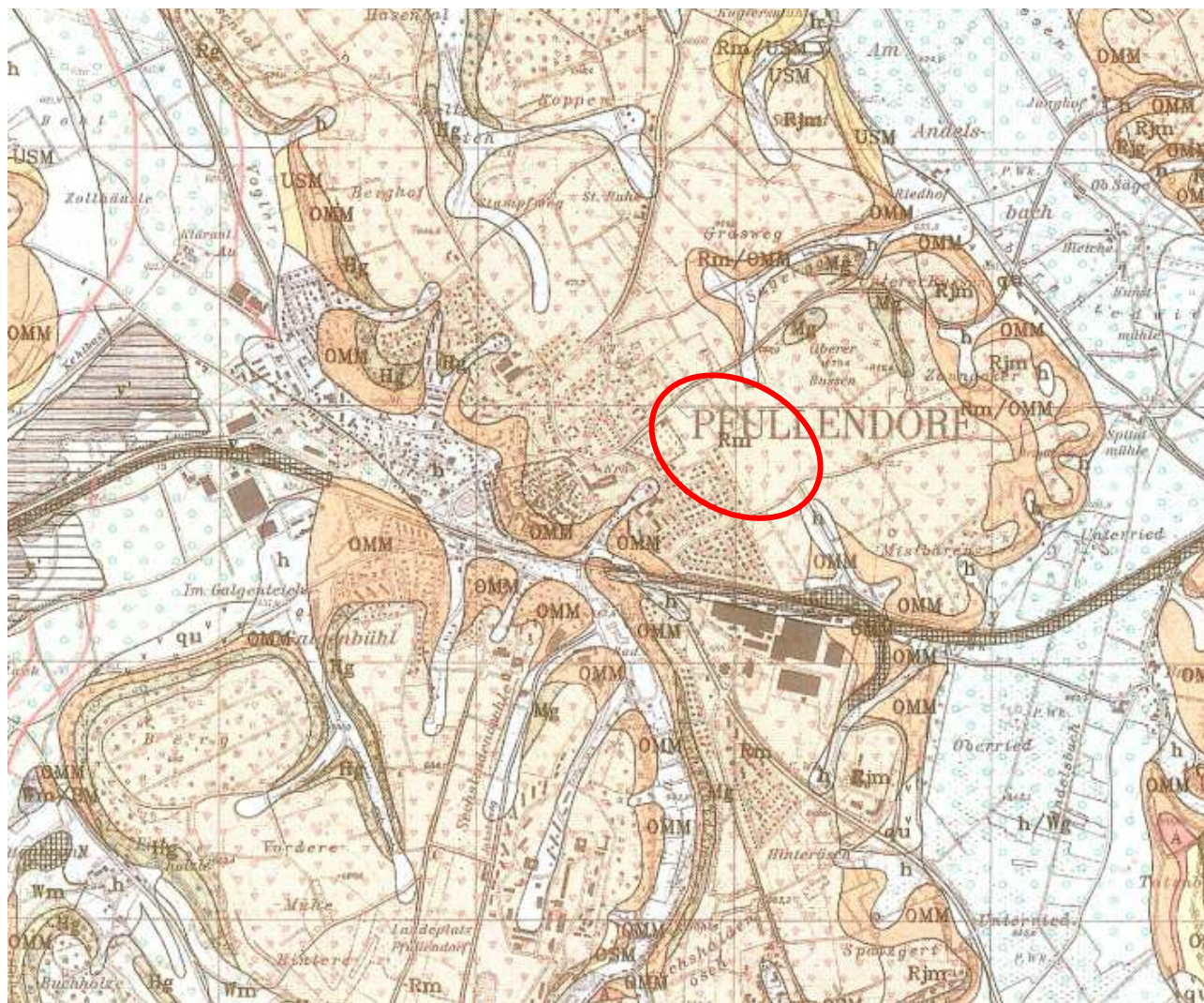


BK4/21 6 – 9 m

Beilage 1

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG:
Auszug geologische Karte Blatt 8021 Pfullendorf

Auszug aus geologischer Karte 1:25.000 Nr. 8021 Pfullendorf

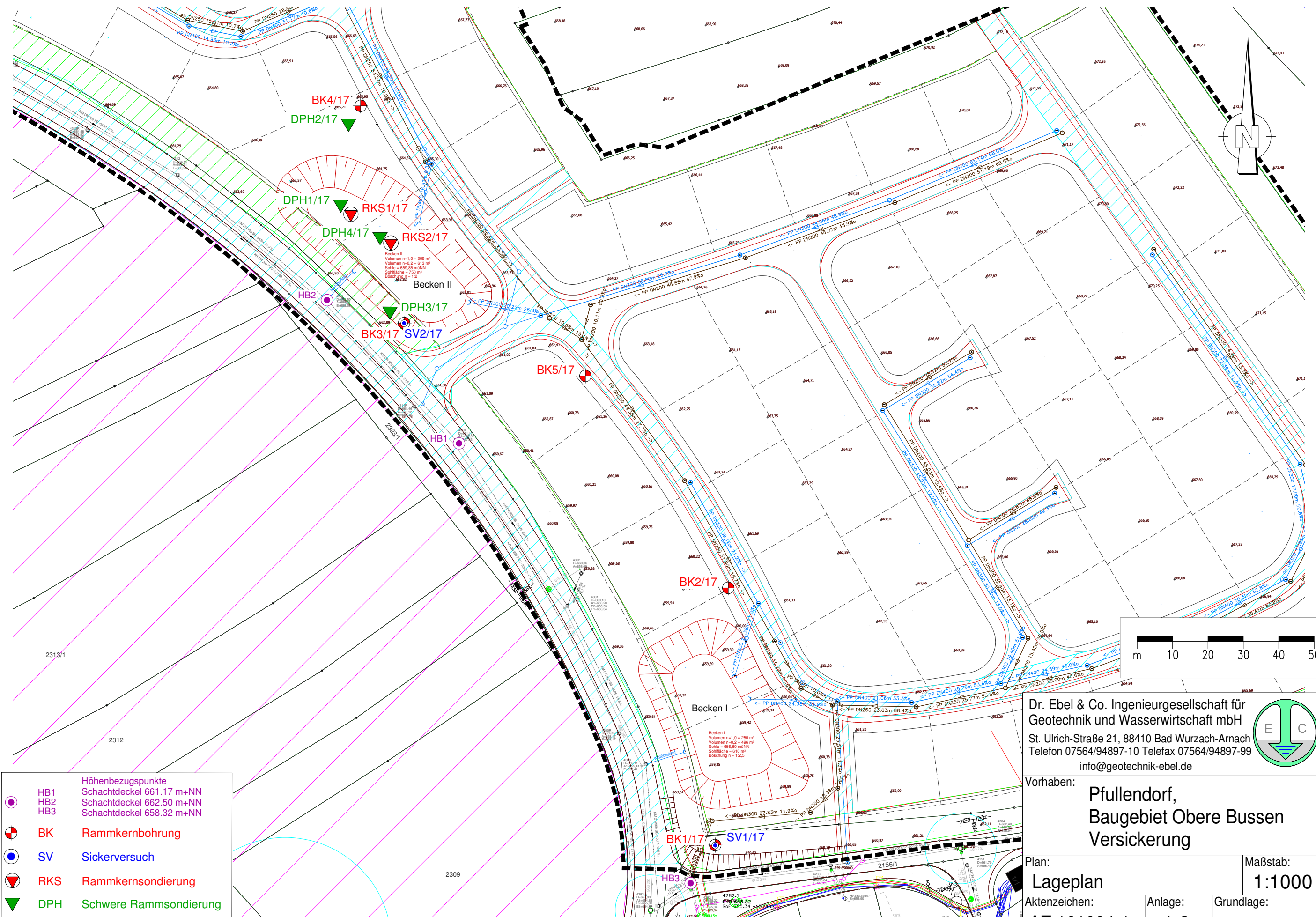


-  h Quartäre Talfüllung (ungegl.)
-  Rm Risszeitl. Moränensedimente
-  OMM Obere Meeresmolasse

Beilage 2

DR. EBEL & CO. GMBH, BAD WURZACH:

Auszug Geotechnisches Versickerungsgutachten
AZ 161004-1, Lageplan und Geotechnische Profile
(acht Seiten)



- | | |
|-----|---------------------------|
| HB1 | Höhenbezugspunkte |
| HB2 | Schachtdeckel 661.17 m+NN |
| HB3 | Schachtdeckel 662.50 m+NN |
| HB4 | Schachtdeckel 658.32 m+NN |
| BK | Rammkernbohrung |
| SV | Sickerversuch |
| RKS | Rammkernsondierung |
| DPH | Schwere Rammsondierung |

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für
Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
**Pfullendorf,
Baugebiet Obere Bussen
Versickerung**

Plan:
Lageplan

Maßstab:
1:1000

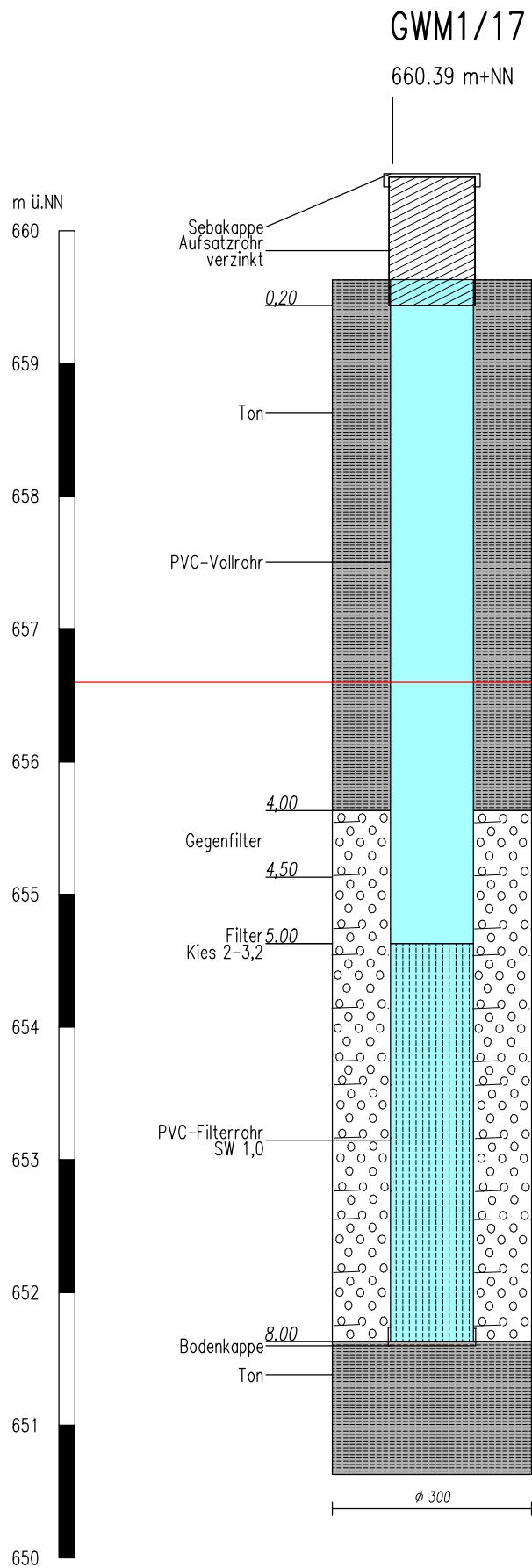
Aktenzeichen:
AZ 161004-1

Anlage:
1.2

Grundlage:

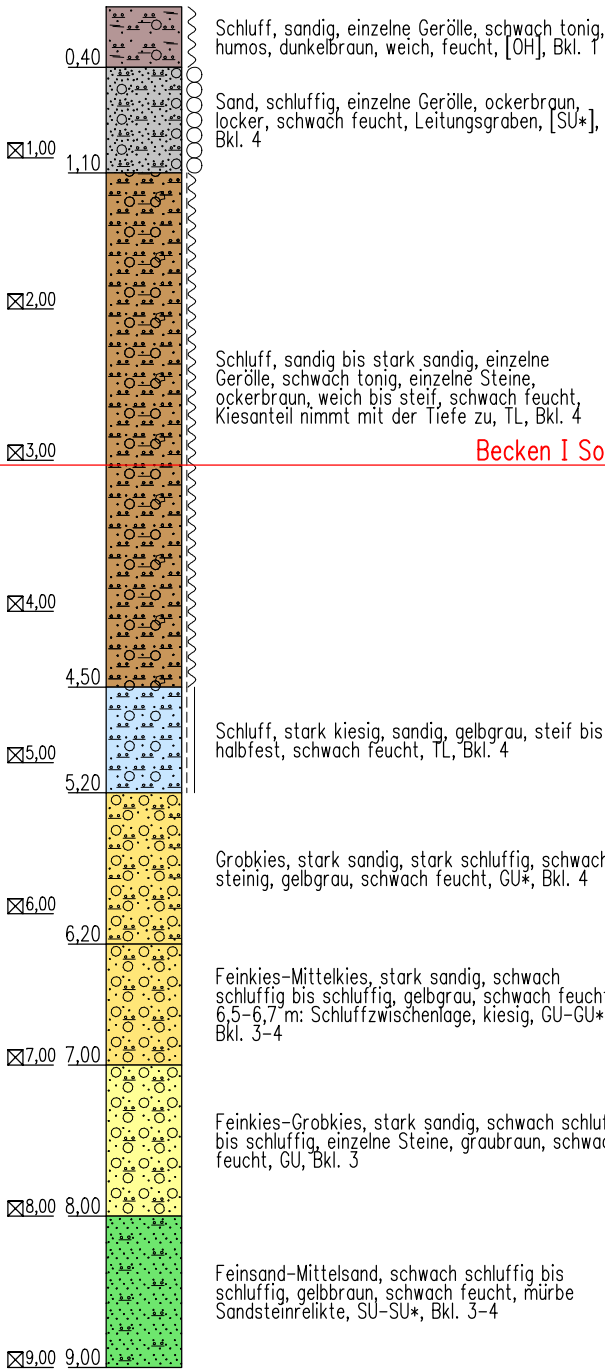
5" Messstelle
Maßstab 1:50/10

Schichtsäule
Maßstab 1:50



BK1/17

659.65 m+NN



Becken I Sohle 656,60 m NN

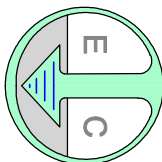
Konsistenz/Lagerungsdichte	
	aufgefüllter Mutterboden
	Auffüllung
	Verwitterungslehm
	Geschiebelehm
	Moränenkies
	Schmelzwasserkies
	Molassessand
	weich
	locker
	weich bis steif
	steif bis halbfest

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 4 3-4 3

Bodengruppen DIN 18 196
[OH] [SU*] TL GU* GU-GU* GU SU-SU*

Proben
 Becherprobe

Pfullendorf,
Baugebiet Obere Bussen
Versickerung
AZ 161004-1

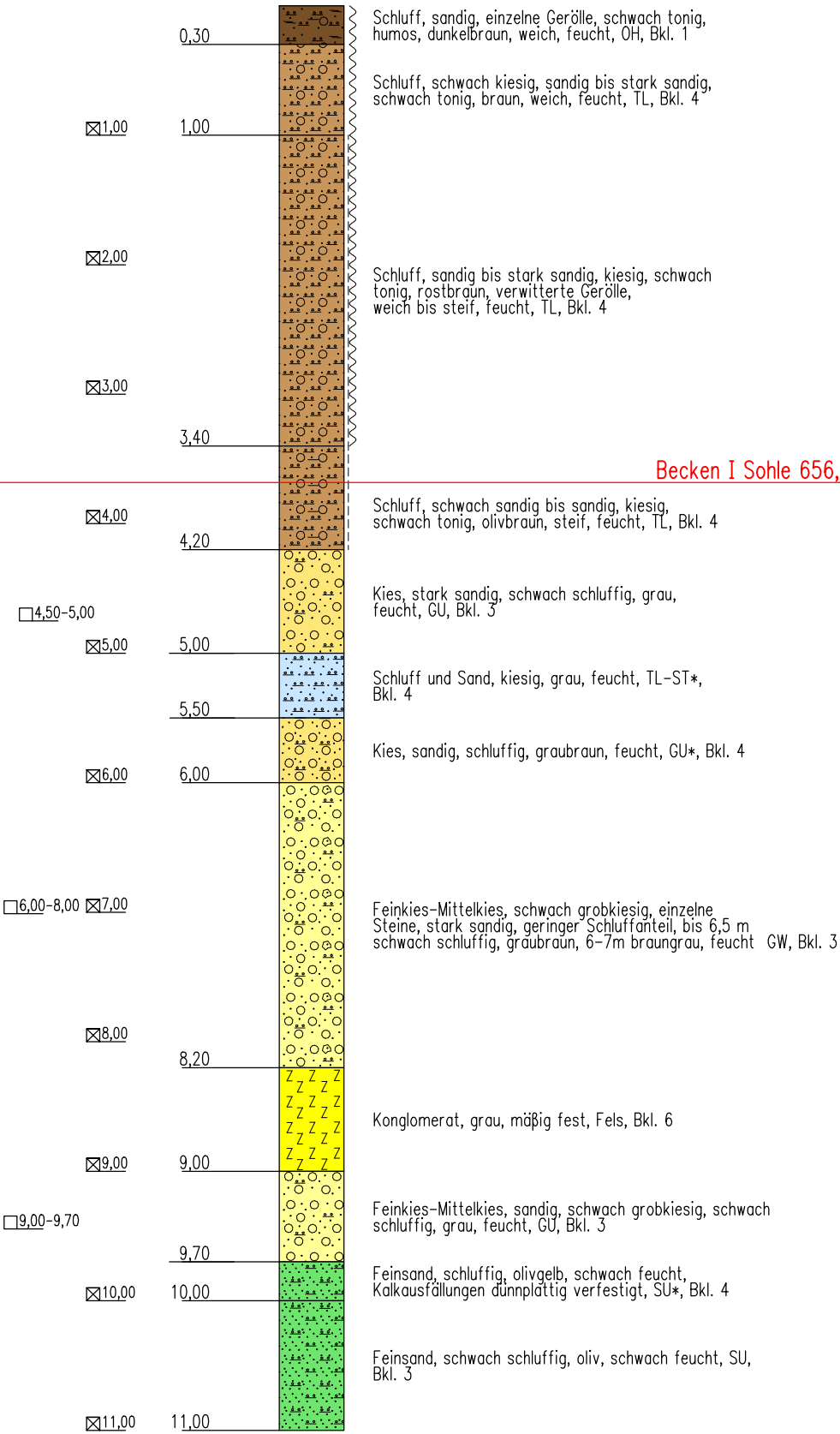


Anlage 2.1

Schichtsäule
Maßstab 1:50
BK2/17

660.28 m+NN

m ü.NN



Becken I Sohle 656,60 m NN ▽

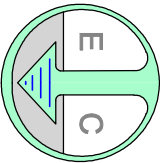
- Konsistenz/Lagerungsdichte**
- | | | | |
|--|-------------------|--|-----------------|
| | Mutterboden | | weich |
| | Verwitterungslehm | | weich bis steif |
| | Geschiebelehm | | steif |
| | Schmelzwasserkies | | |
| | Nagelfluh | | |
| | Moränenkies | | |
| | Molassesand | | |

Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3 6

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU-GW TK-ST* GU* GW Fels GU SU* SU

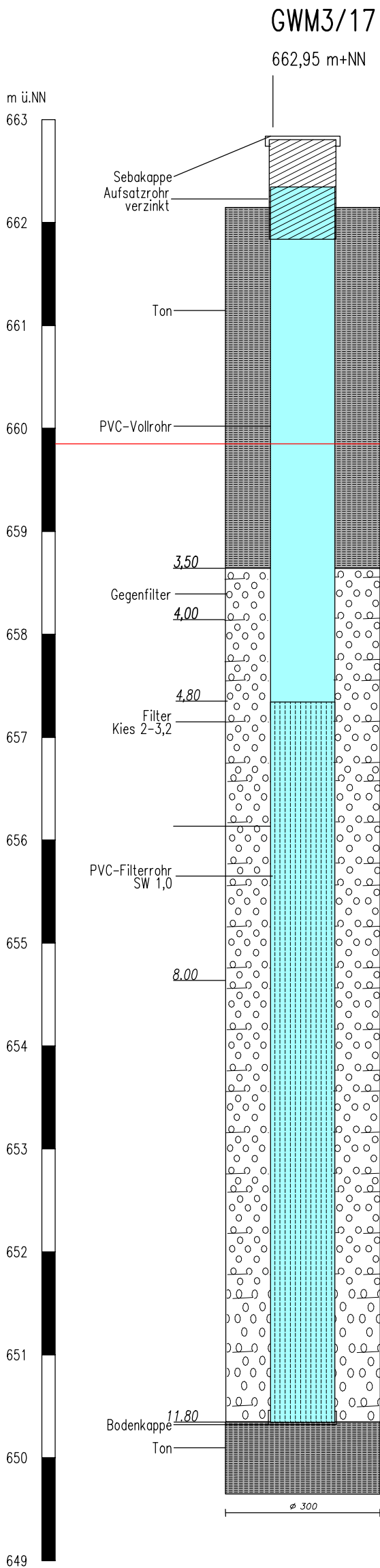
- Proben**
- | | |
|---|-------------|
| ☒ | Becherprobe |
| ☐ | Eimerprobe |

Pfullendorf,
Baugebiet Obere Bussen
Versickerung
AZ 161004-1



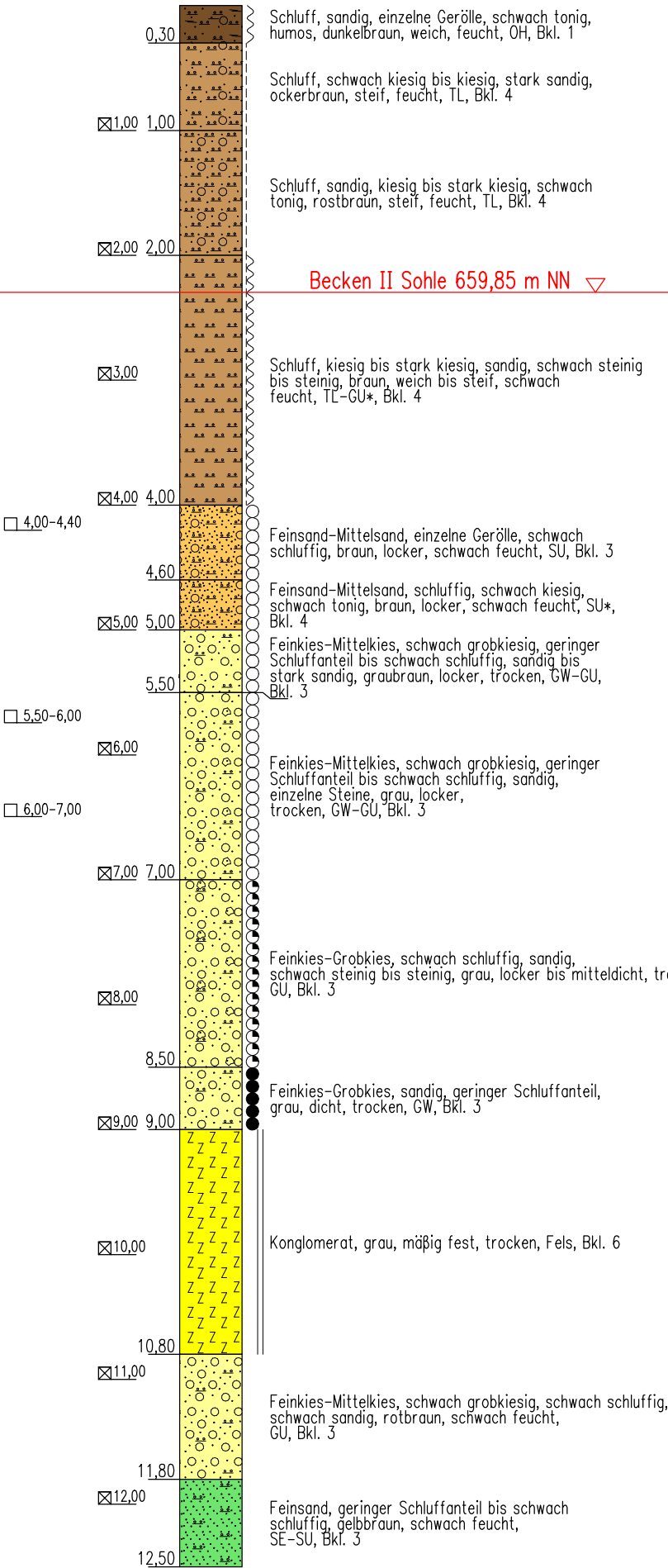
Messstelle 5"
Maßstab 1:50/10

Schichtsäule
Maßstab 1:50



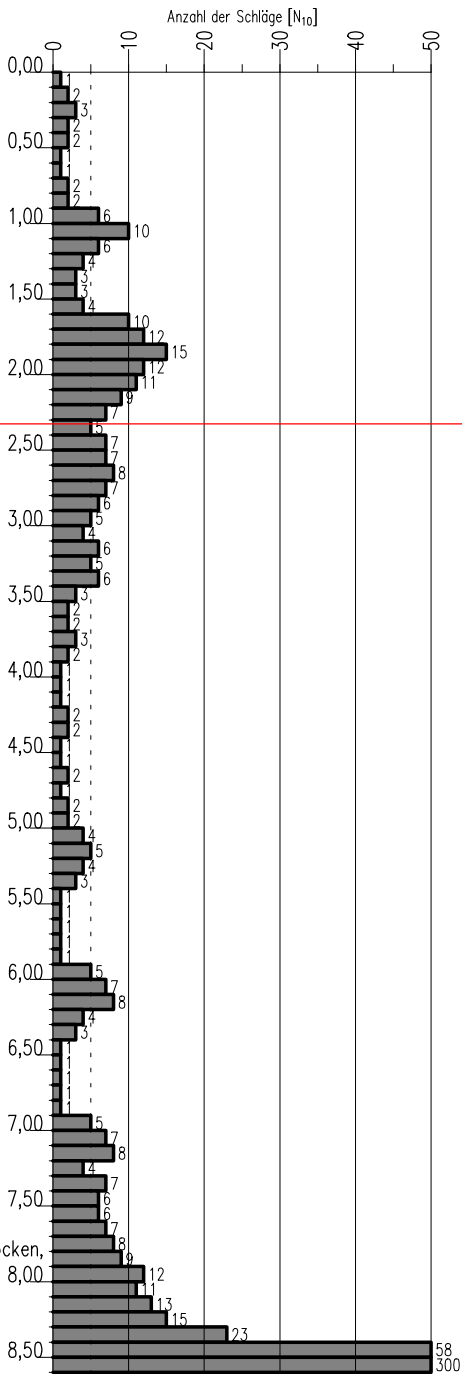
BK3/17

662.18 m+NN



DPH3/17

662.21 m+NN



- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungssand
- Schmelzwasserkies
- Nagelfluh
- Molassesand

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- steif
- weich bis steif
- locker
- dicht
- mäßig fest

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 3 3 6

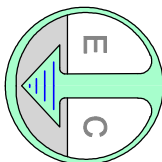
Bodengruppen DIN 18 196

OH TL TL-GU* SU SU* GW-GU GU GW Fels SE-SU

Proben

- Becherprobe
- Eimerprobe

Pfyllendorf,
Baugebiet Obere Bussen
Versickerung
AZ 161004-1



Anlage 2.3

Schichtsäule
Maßstab 1:50
BK4/17

665.74 m+NN

DPH2/17

665.56 m+NN

m ü.NN

666

665

664

663

662

661

660

659

658

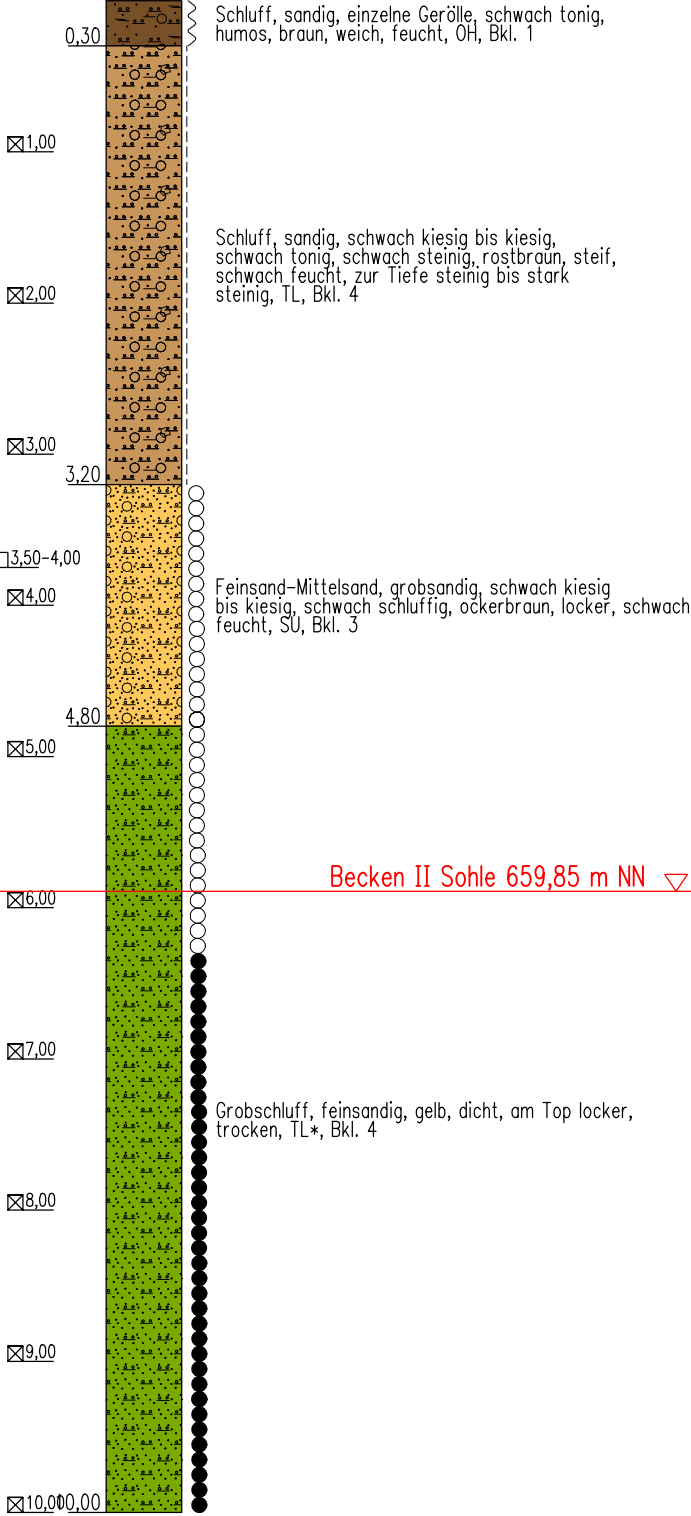
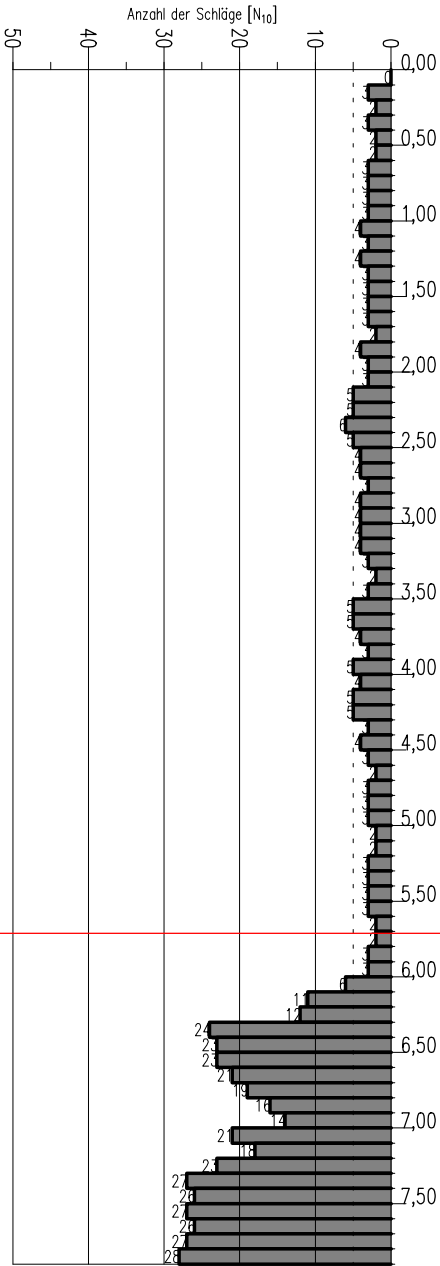
657

656

655

654

Anzahl der Schläge [N₁₀]



Schluff, sandig, einzelne Gerölle, schwach tonig, humos, braun, weich, feucht, OH, Bkl. 1

Schluff, sandig, schwach kiesig bis kiesig, schwach tonig, schwach steinig, rostbraun, steif, schwach feucht, zur Tiefe steinig bis stark steinig, TL, Bkl. 4

Feinsand-Mittelsand, grobsandig, schwach kiesig bis kiesig, schwach schluffig, ockerbraun, locker, schwach feucht, SU, Bkl. 3

Becken II Sohle 659,85 m NN

Grobschluff, feinsandig, gelb, dicht, am Top locker, trocken, TL*, Bkl. 4

- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungssand
- Molasseschluff

Konsistenz/Lagerungsdichte

- weich
- steif
- locker
- dicht

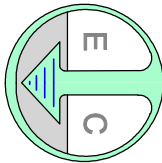
Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL SU*-ST*

Proben

- Becherprobe
- Eimerprobe

Pfullendorf,
Baugebiet Obere Bussen
Versickerung
AZ 161004

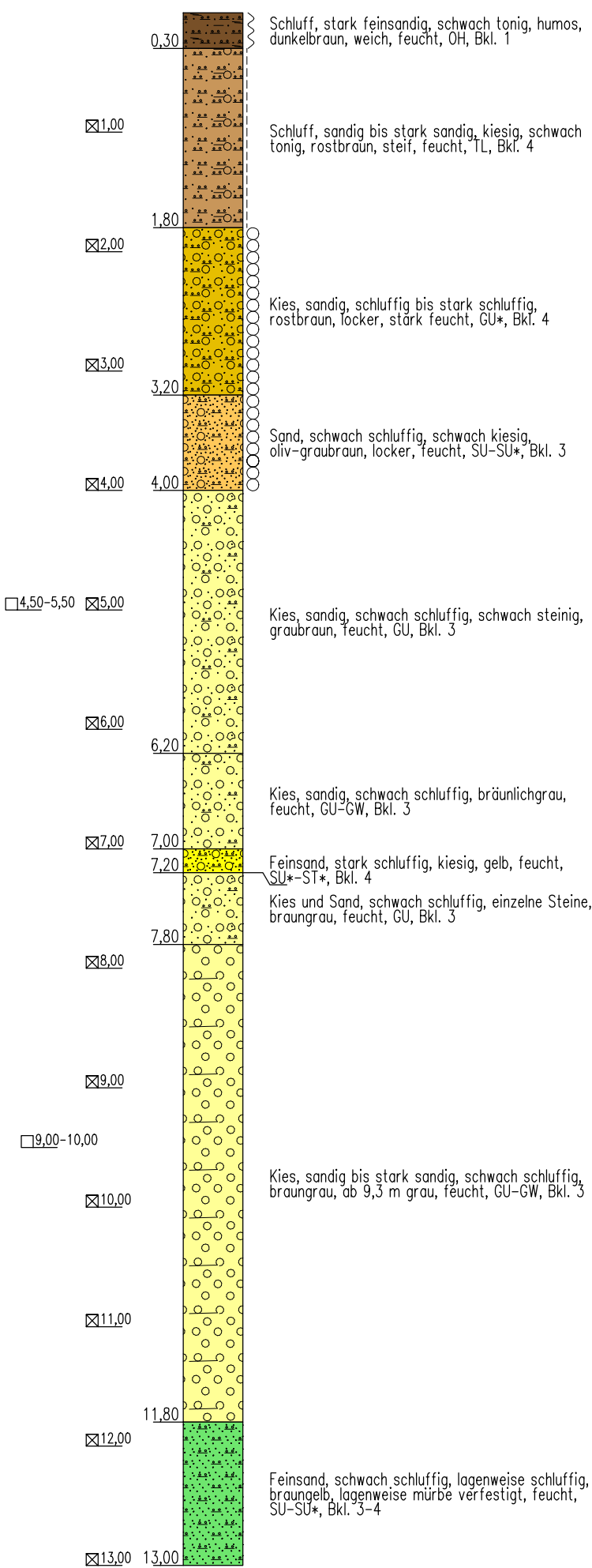


Anlage 2.4

Schichtsäule
Maßstab 1:50
BK5/17

662.35 m+NN

m ü.NN



- Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungskies
- Verwitterungssand
- Schmelzwasserkies
- Sandlage im Schmelzwasserkies
- Molassesand

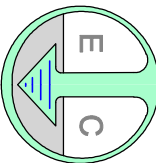
Bodenklassen DIN 18 300
1 4 3 3 3-4

Bodengruppen DIN 18 196
OH TL GU* SU-SU* GU GU-GW SU*-ST*

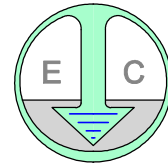
- Proben
- Becherprobe
 - Eimerprobe

- Konsistenz/Lagerungsdichte
- weich
 - steif
 - locker

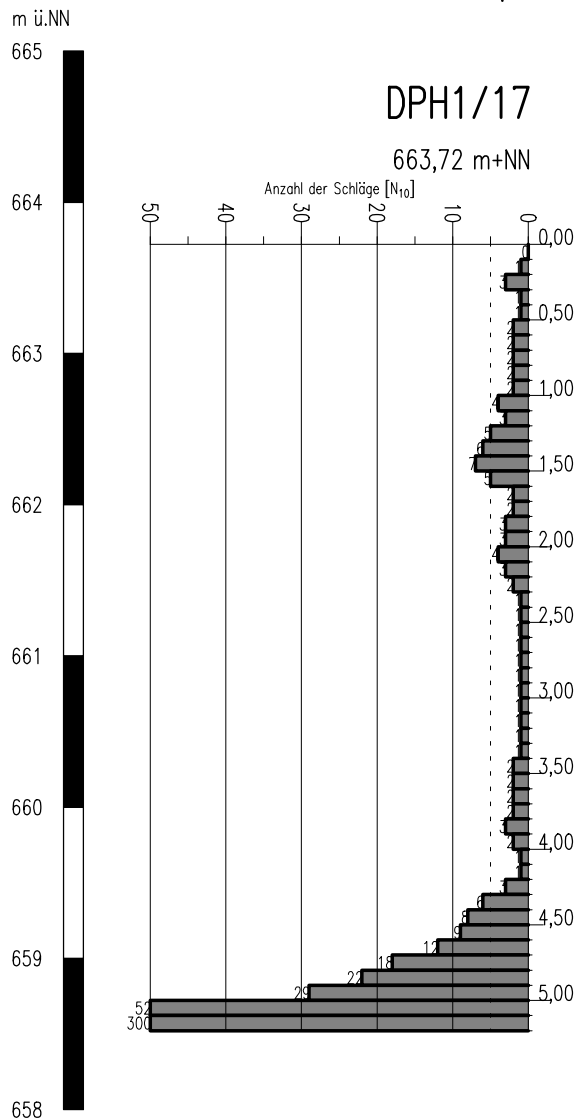
Pfullendorf,
Baugebiet Obere Bussen
Versickerung
AZ 161004-1



Anlage 2.5

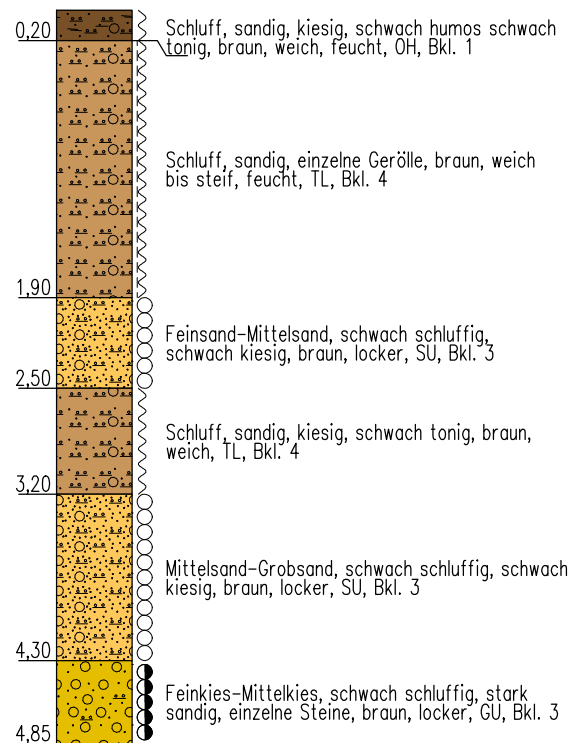


Schichtsäule
Maßstab 1:50



RKS1/17

663.64 m+NN



Mutterboden

Verwitterungslehm

Verwitterungssand

Verwitterungskies

Konsistenz/Lagerungsdichte

weich

weich bis steif

locker

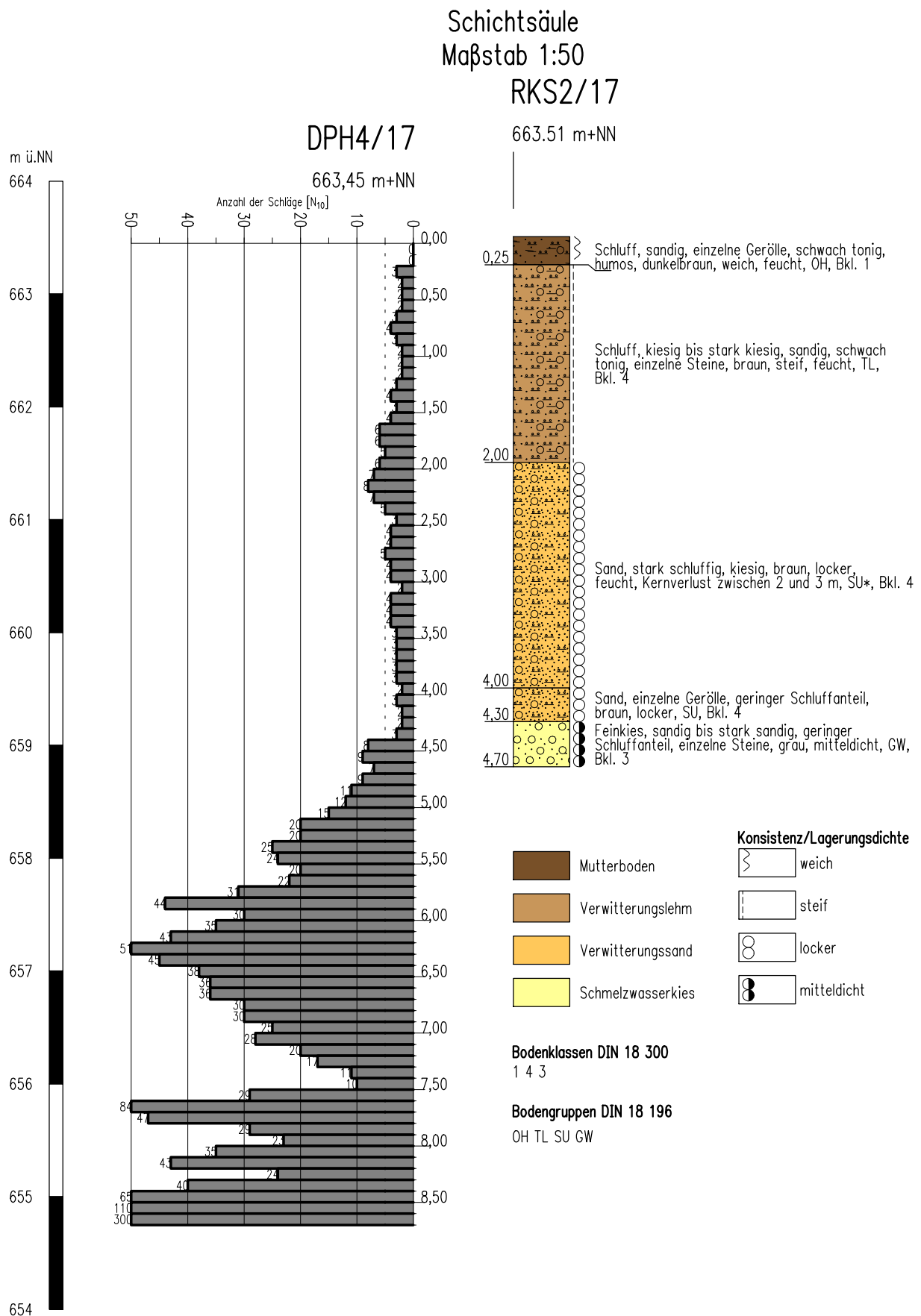
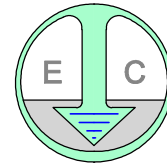
mitteldicht

Bodenklassen DIN 18 300

1 4 3

Bodengruppen DIN 18 196

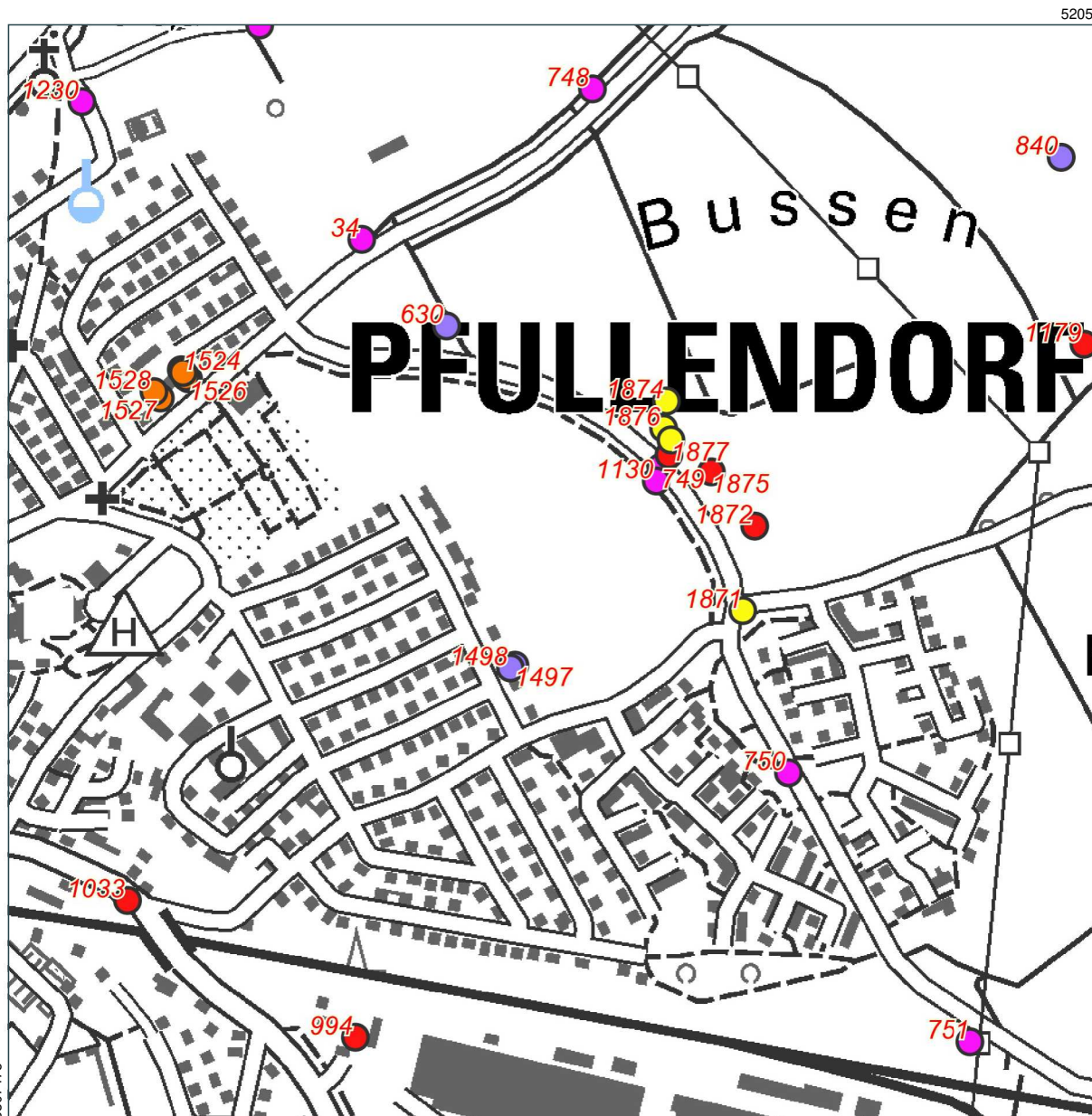
OH TL SU GU



Beilage 3

**LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND
BERGBAU, FREIBURG:**

Aufschlussarchiv, Lageplan und Aufschlussdaten
(acht Seiten)



Maßstab

1 : 7500

Ebenen

ADB: Aufschluesse (Stammdaten)

Topographie (Rasterdaten des LGL)

ADB: Aufschluesse (Stammdaten)

Aufschluesse (Stammdaten)

- 0-10m
- 10-20m
- 20-50m
- 50-100m
- >100m

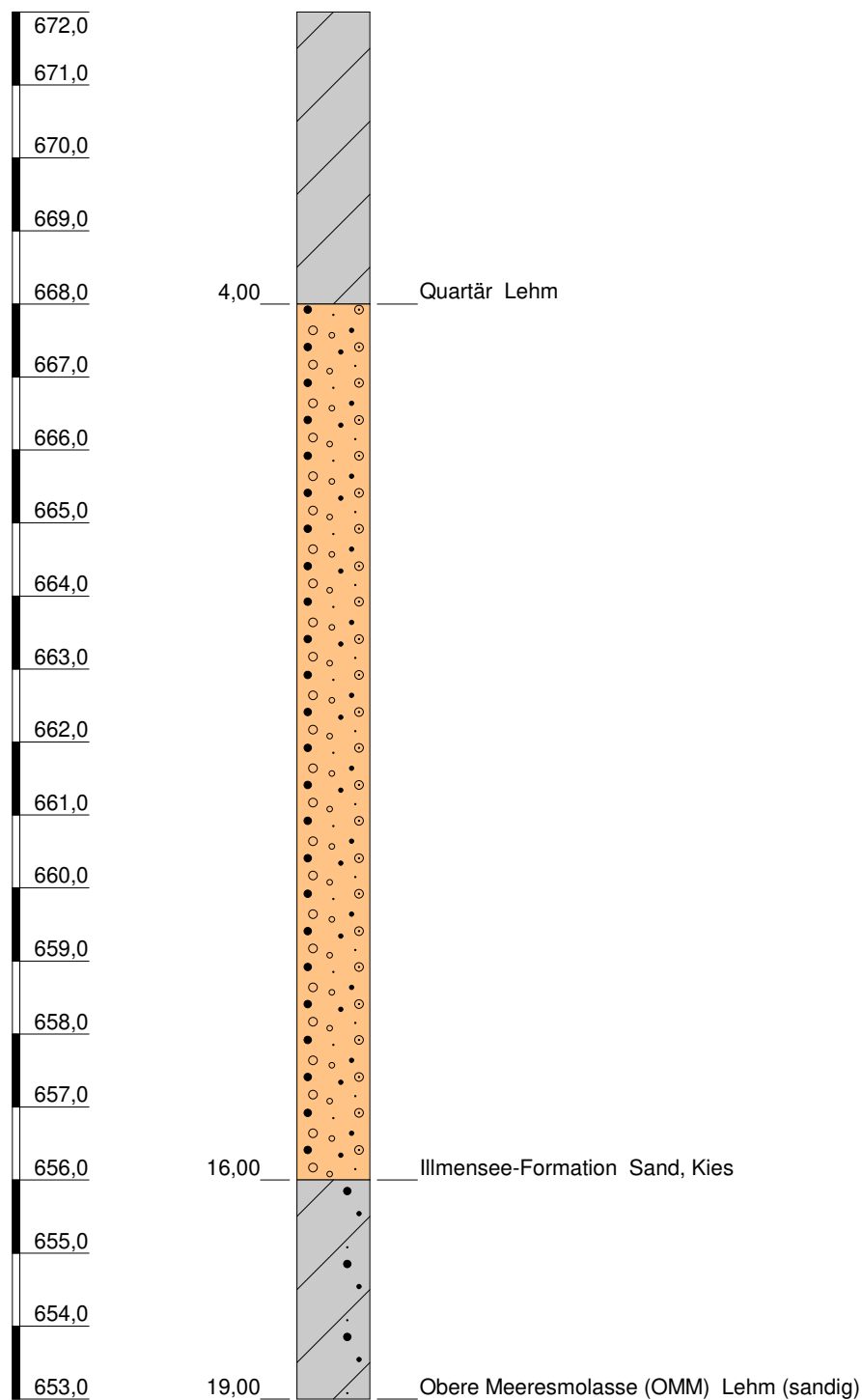
Anmerkung: Bei den Aufschlüssen 1871-1877 handelt es sich um die in Beilage 2 angehängten Aufschlüssen.



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG

m u. GOK (672,00 m NN)

8021-00034



Höhenmaßstab: 1:100

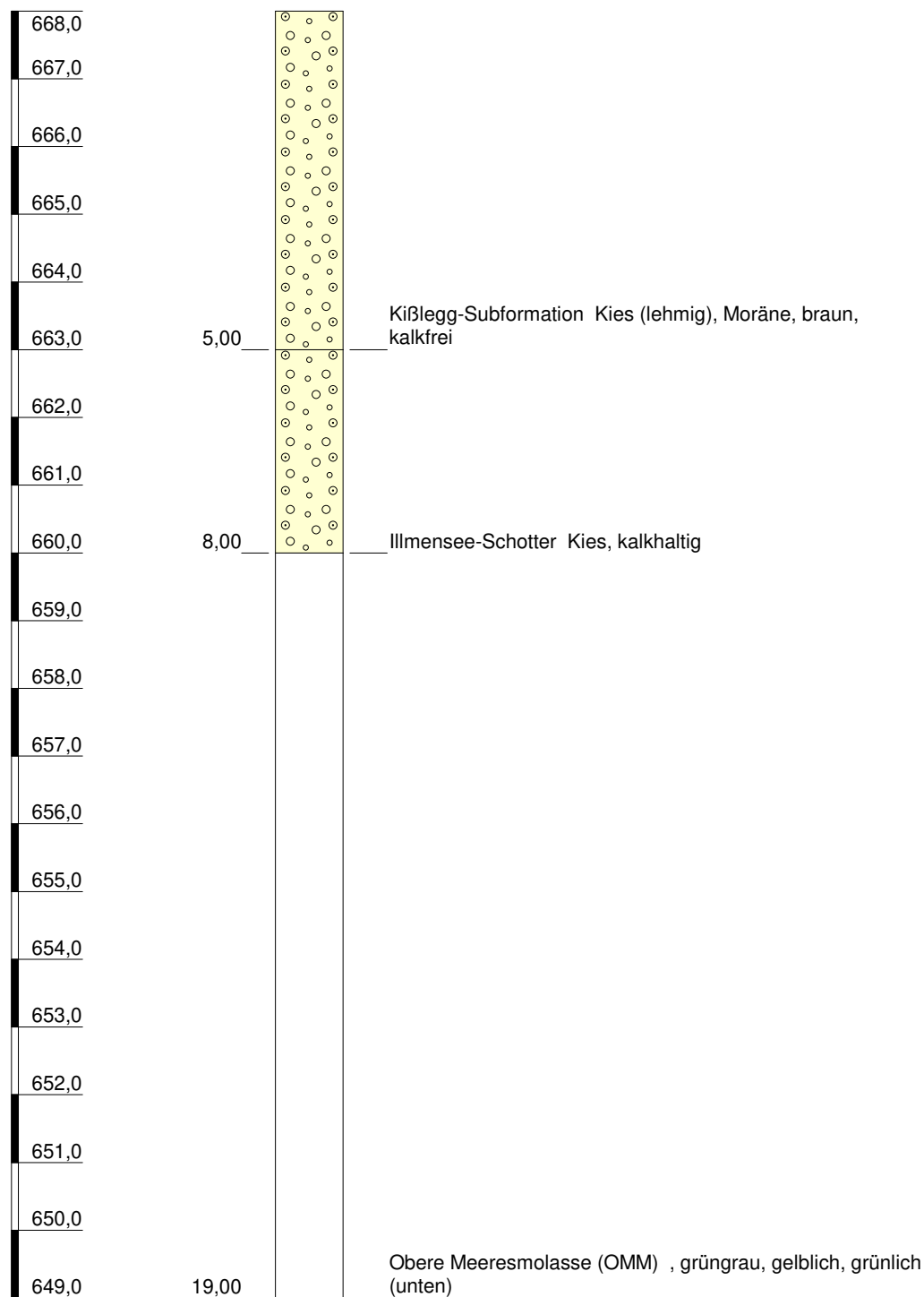
Blatt 1 von 2

LGRB-Nr.: 8021-00034		
Name: P. 64/1174		
Auftraggeber:		Rechtswert: 3519857
Bohrfirma:		Hochwert: 5310125
Bearbeiter: ?		Ansatzhöhe: 672,00m
Datum:	Anlage 1	Endtiefe: 36,00 m


Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

m u. GOK (668,00 m NN)

8021-00630



Höhenmaßstab: 1:100

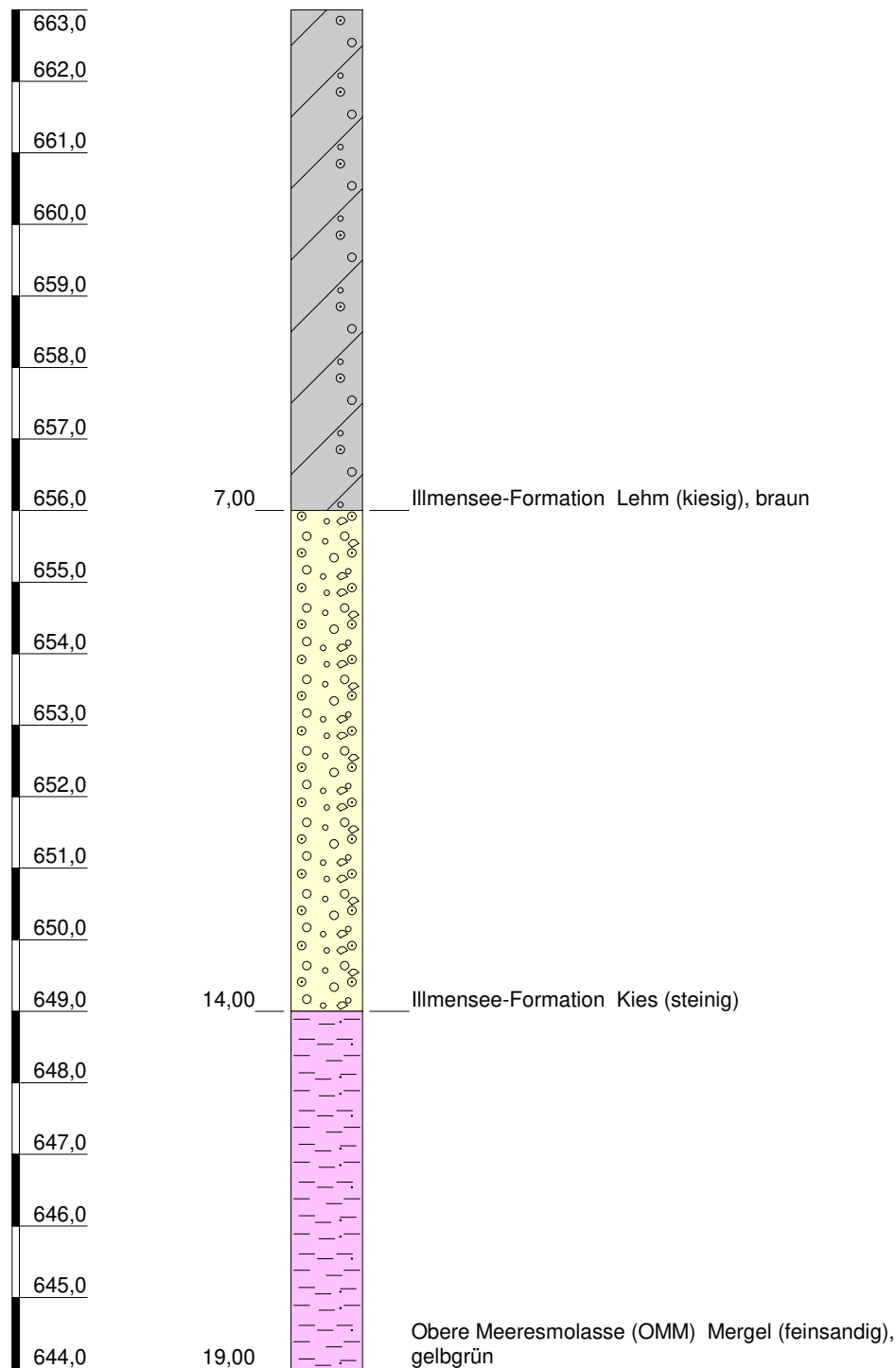
Blatt 1 von 6

LGRB-Nr.: 8021-00630			
Name: AM 22			
Auftraggeber:		Rechtswert: 3519950	
Bohrfirma:		Hochwert: 5310030	
Bearbeiter: ?		Ansatzhöhe: 668,00m	
Datum: 08.10.1981	Anlage 1	Endtiefe: 99,00 m	


Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

m u. GOK (663,00 m NN)

8021-00749



Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 3

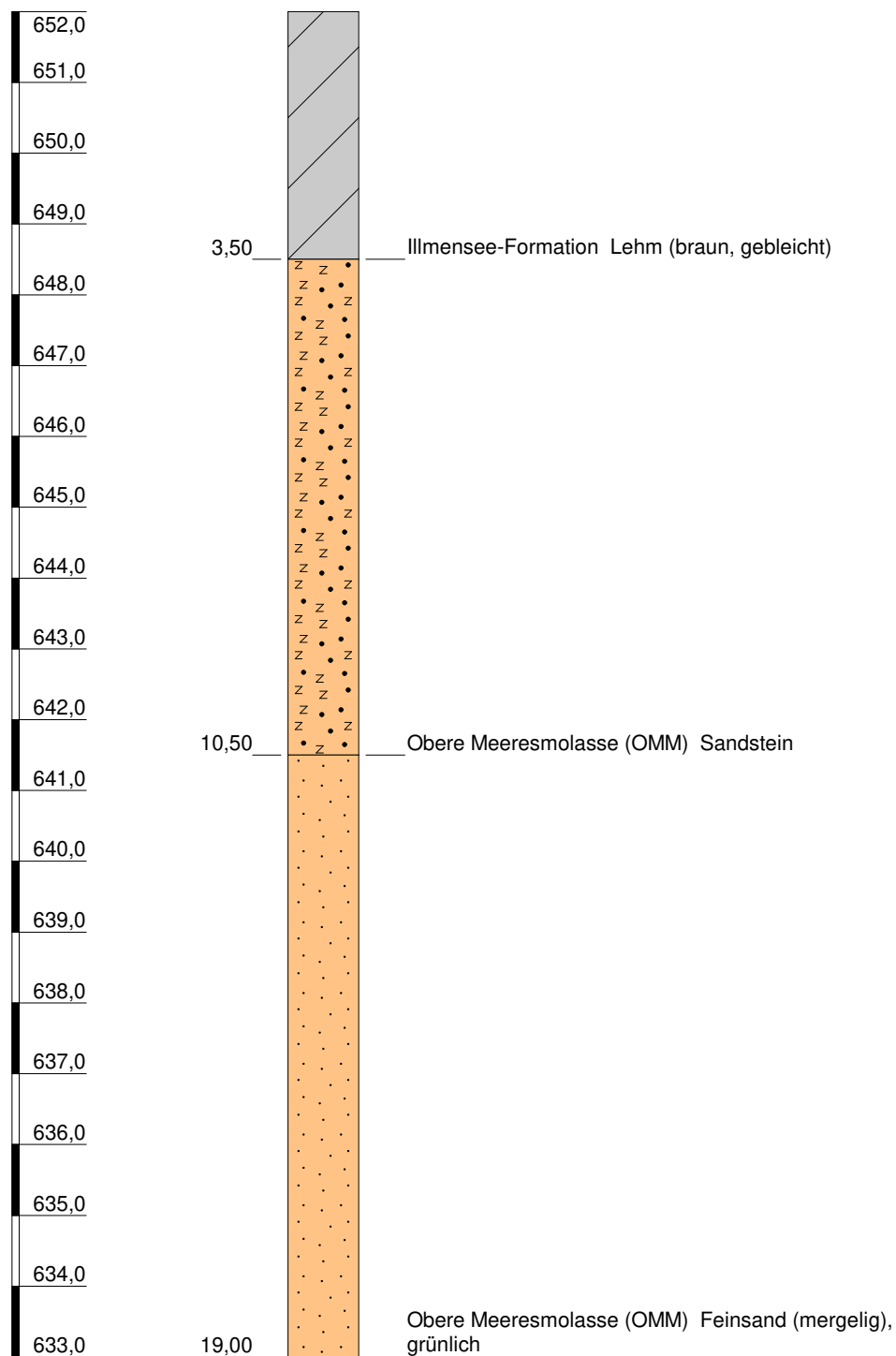
LGRB-Nr.: 8021-00749			
Name: P. 150/07			
Auftraggeber:		Rechtswert: 3520185	
Bohrfirma:		Hochwert: 5309875	
Bearbeiter:		Ansatzhöhe: 663,00m	
Datum: 01.06.1964	Anlage 1	Endtiefe: 45,00 m	



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

m u. GOK (652,00 m NN)

8021-00750



Höhenmaßstab: 1:100

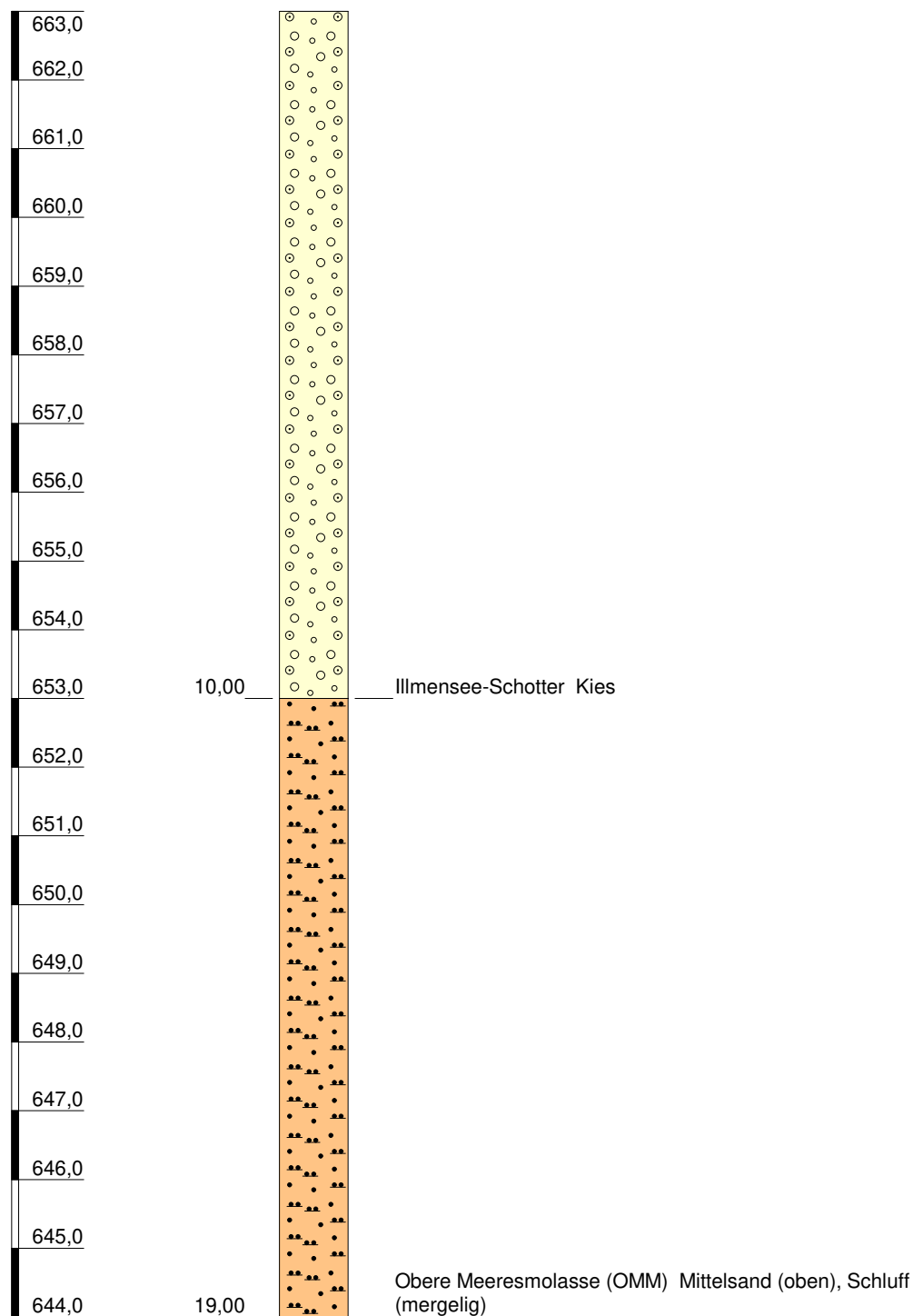
Blatt 1 von 2

LGRB-Nr.: 8021-00750			
Name: P. 150/06			
Auftraggeber:		Rechtswert: 3520325	
Bohrfirma:		Hochwert: 5309540	
Bearbeiter:		Ansatzhöhe: 652,00m	
Datum: 01.06.1964	Anlage 1	Endtiefe: 24,50 m	


Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

m u. GOK (663,00 m NN)

8021-01130



Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 2

LGRB-Nr.: 8021-01130			
Name: P 150/08			
Auftraggeber:		Rechtswert: 3520180	
Bohrfirma:		Hochwert: 5309860	
Bearbeiter: ?		Ansatzhöhe: 663,00m	
Datum: 01.08.1966	Anlage 1	Endtiefe: 36,00 m	



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Maßstab d. H. 1:600

EW1/07

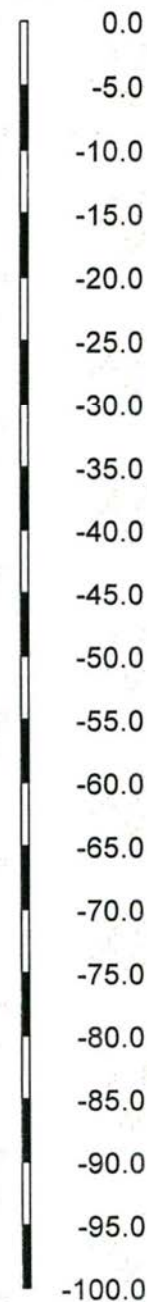
669 m ü. NN

Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau
Baden-Württemberg
Archiv

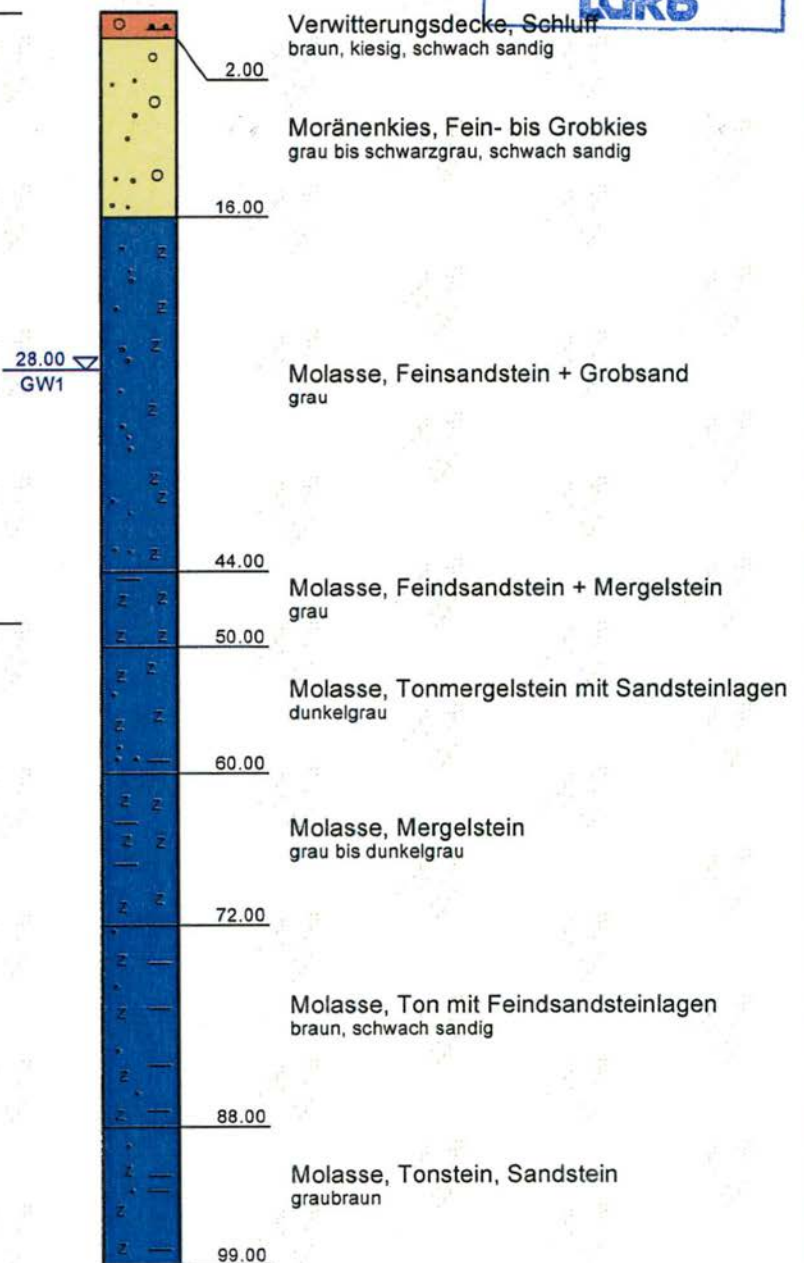
8021/1457-1498

LCRB

m u. GOK

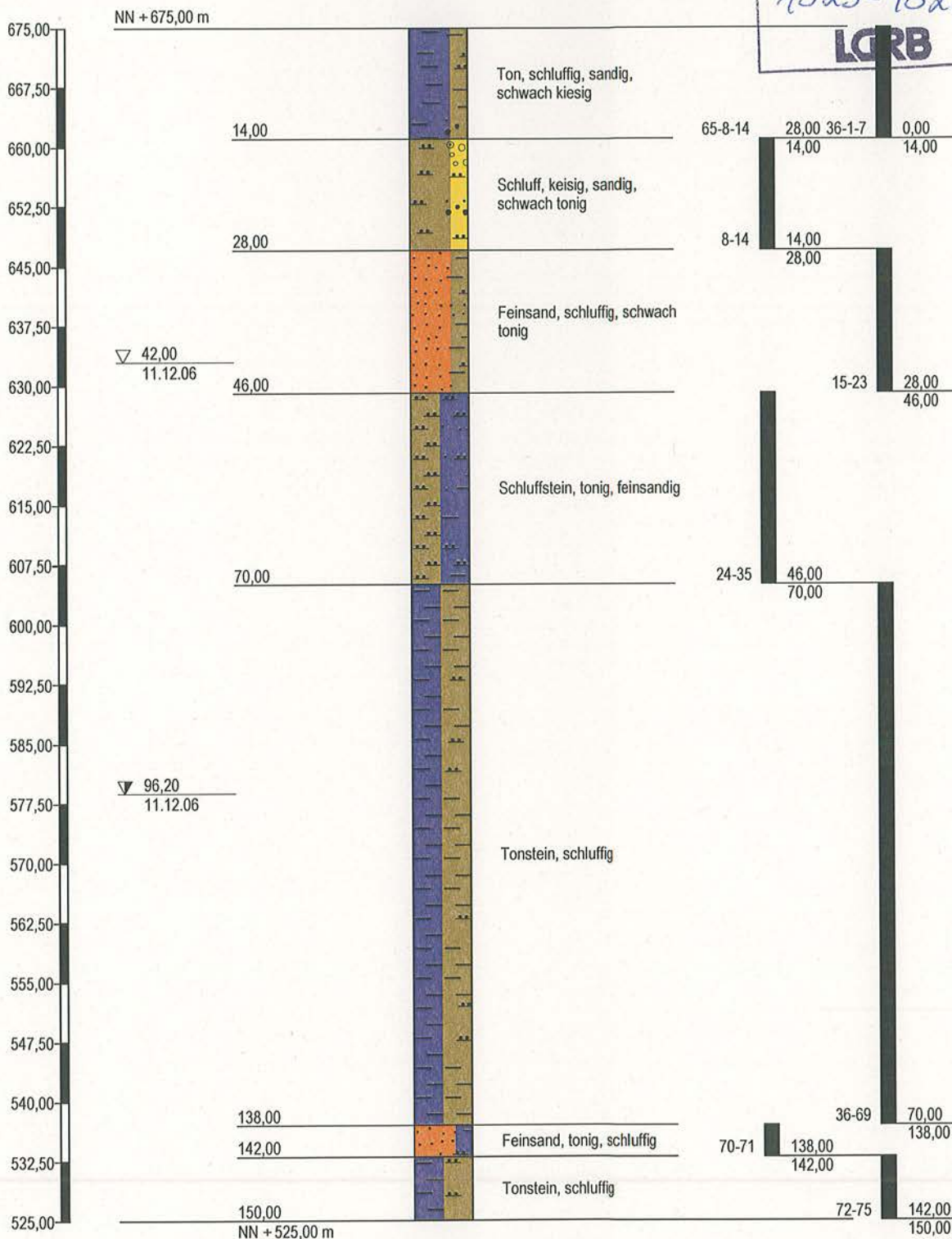


Verrohrung bis 48,0 m u. GOK



GW1 nach Bohrende nicht messbar-abverbohrt.

EW 1 bis 6



Höhenmaßstab 1:750